

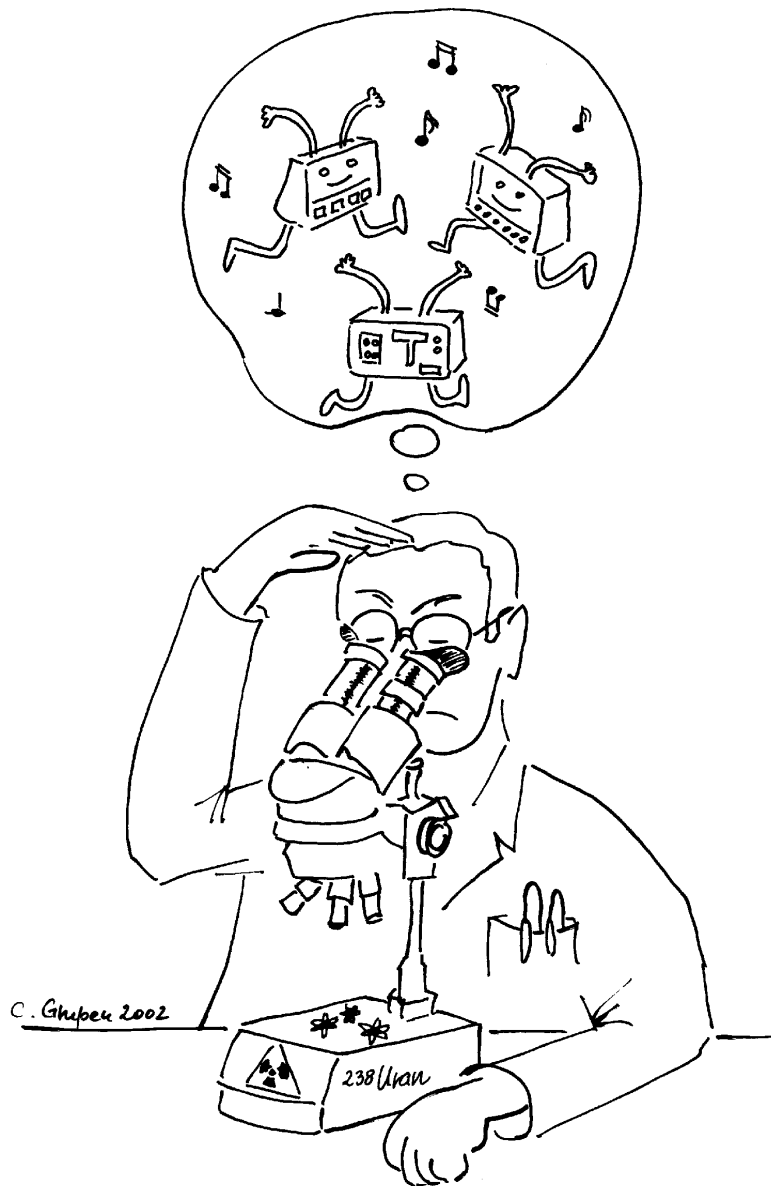
„Strahlenschutz“



Portrait von Henri Antoine Becquerel
(Zeichnung: C. Grupen)



Portrait von Wilhelm Conrad Röntgen
(Zeichnung: C. Grupen)



„Eigentlich hatte ich mir unter Radio-Aktivität
etwas anderes vorgestellt!“

© by Claus Grupen



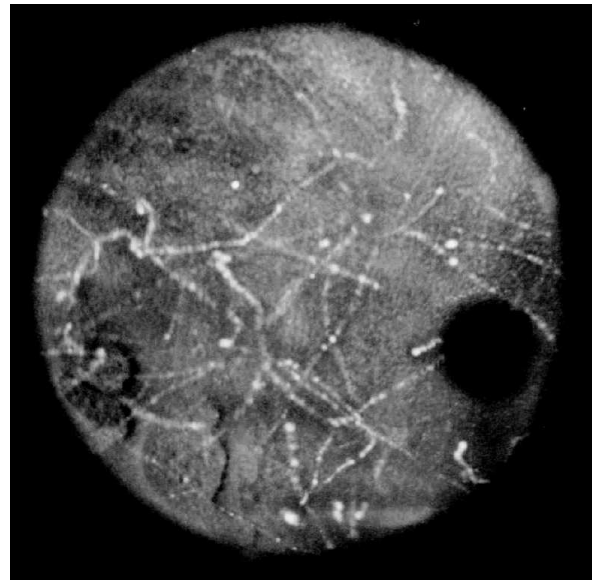
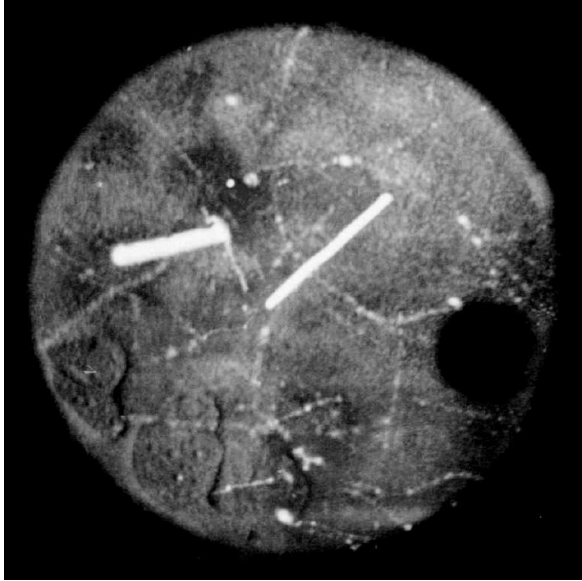
„Ich bleibe lieber bei der alten Aktivitätseinheit.
Mikro-Curie hört sich so viel besser an
als Mega-Becquerel!“

© by Claus Grupen

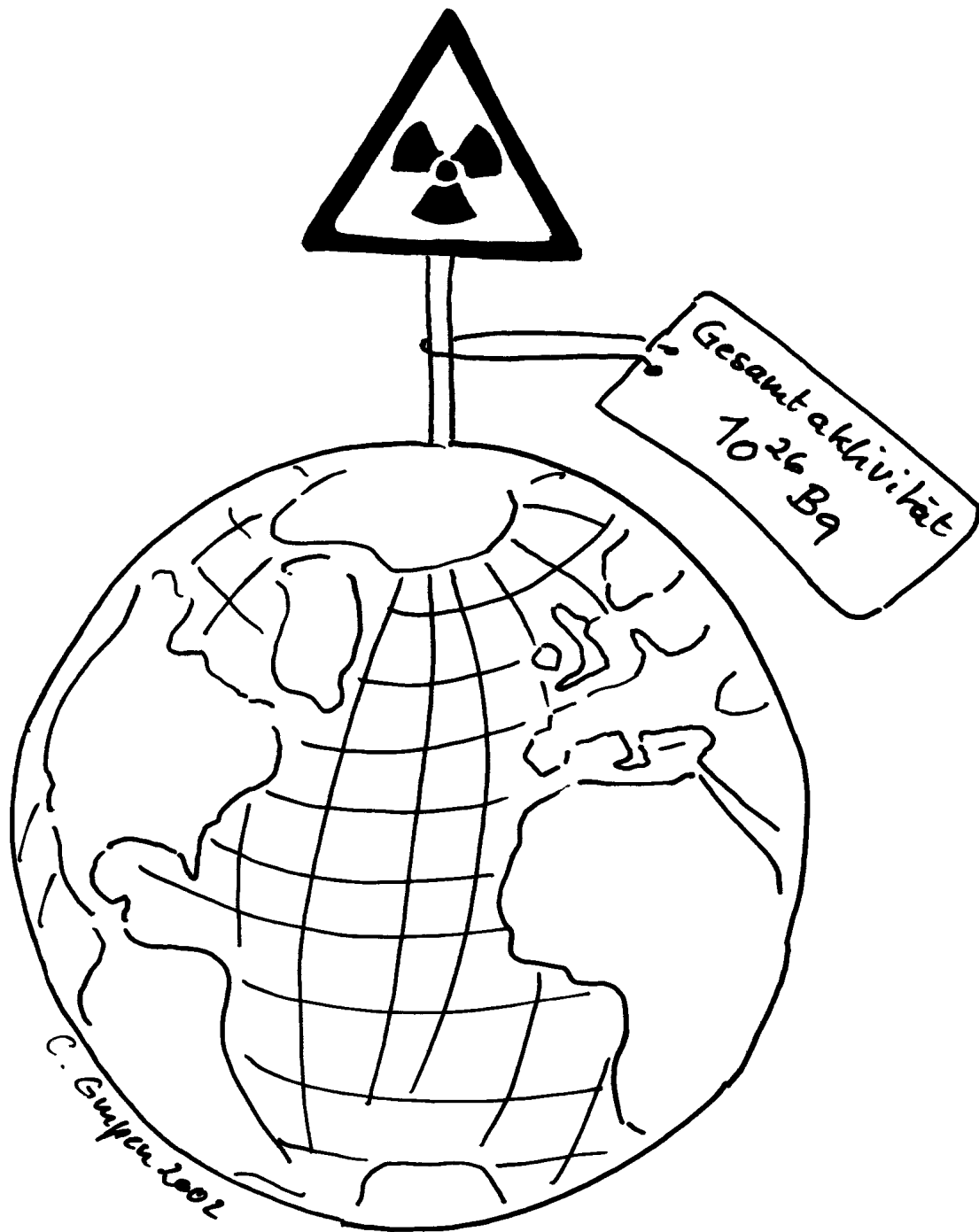


„Aber der atomare Fortschritt bildet doch ungemein“

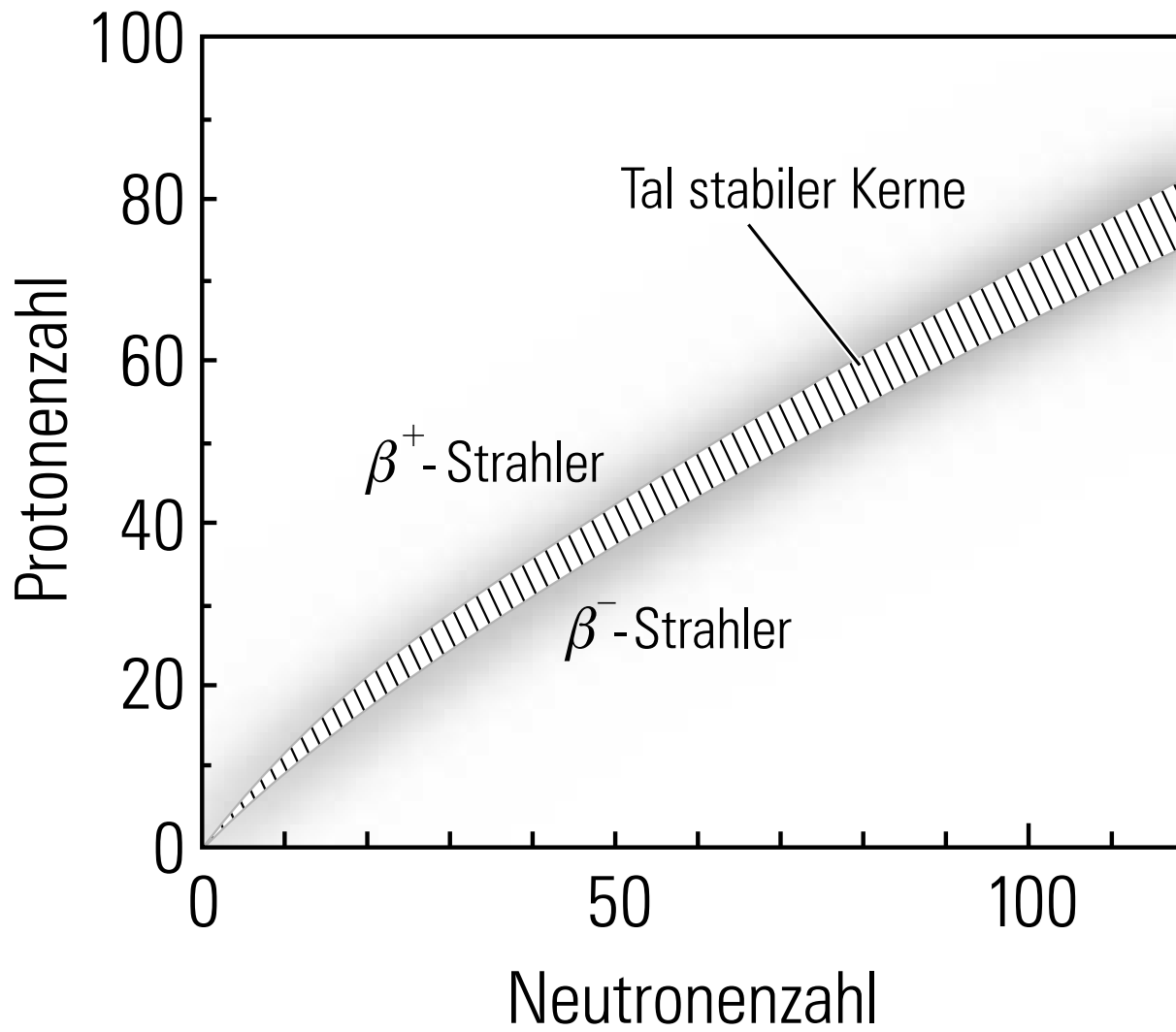
nach Jupp Wolter



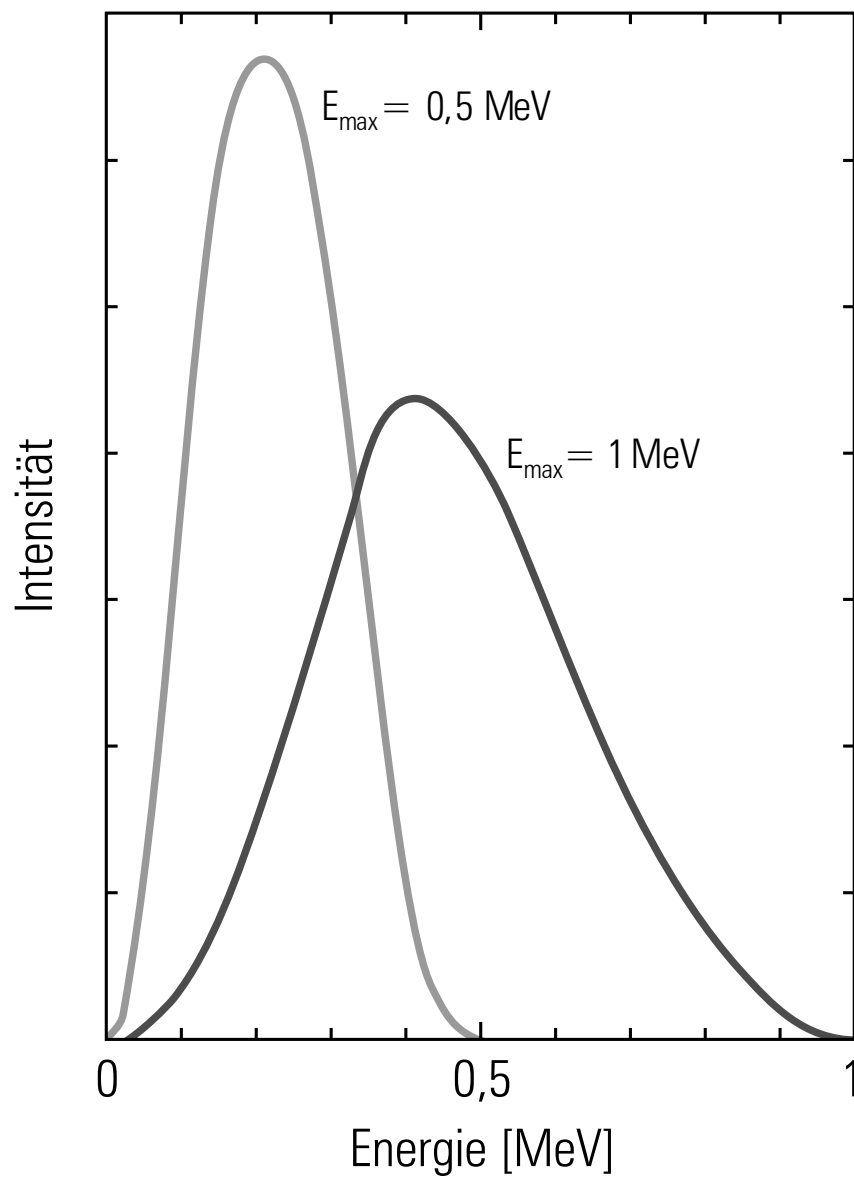
Spuren von α -Teilchen und Elektronen in einer Diffusionsnebelkammer, die normaler Raumluft ausgesetzt war. Die unterschiedliche Länge und Breite der α -Teilchen-Spuren (linkes Bild) kommt durch Projektionseffekte zustande.



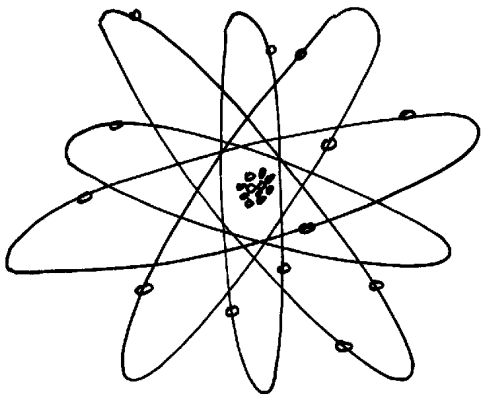
© by Claus Grupen



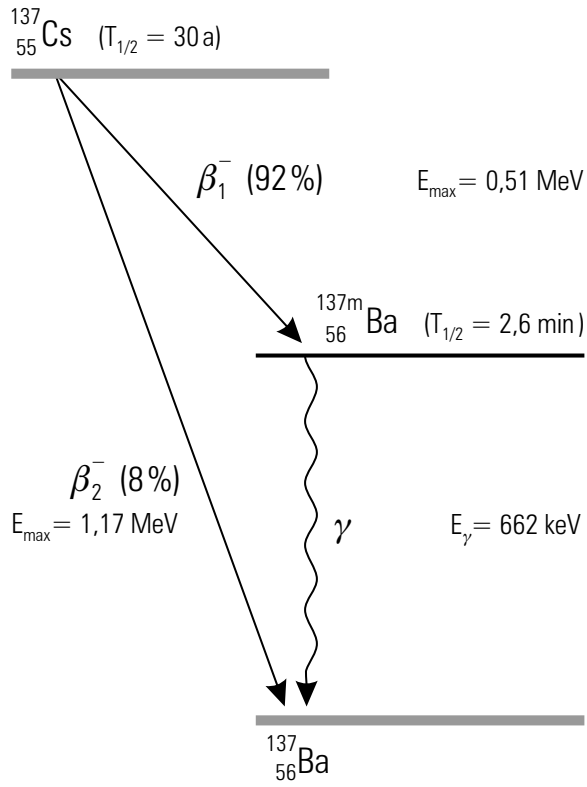
Neutron-zu-Proton-Verhältnis für stabile Kerne



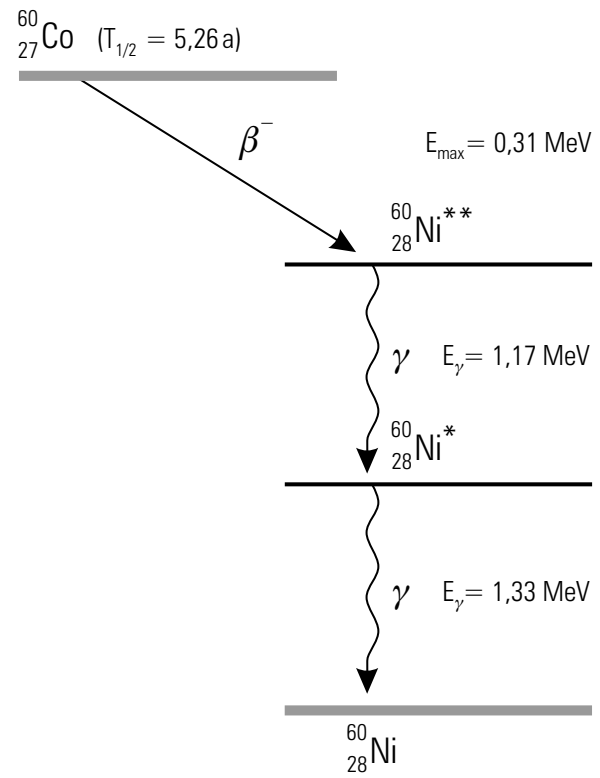
Energiespektren von Elektronen beim β -Zerfall eines Atomkerns



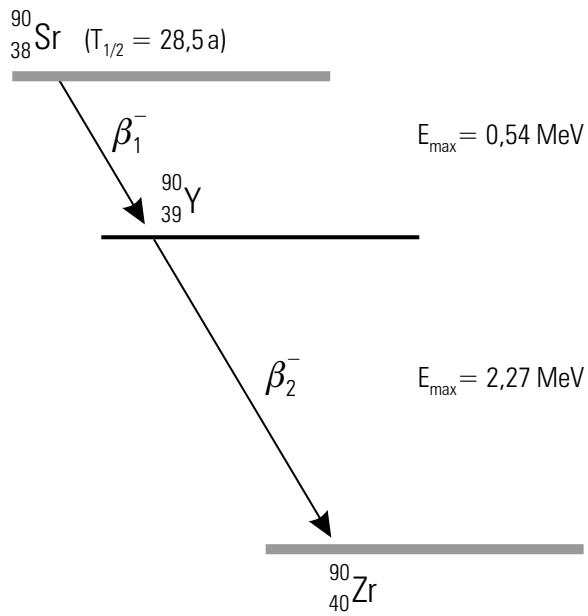
© by Claus Grupen



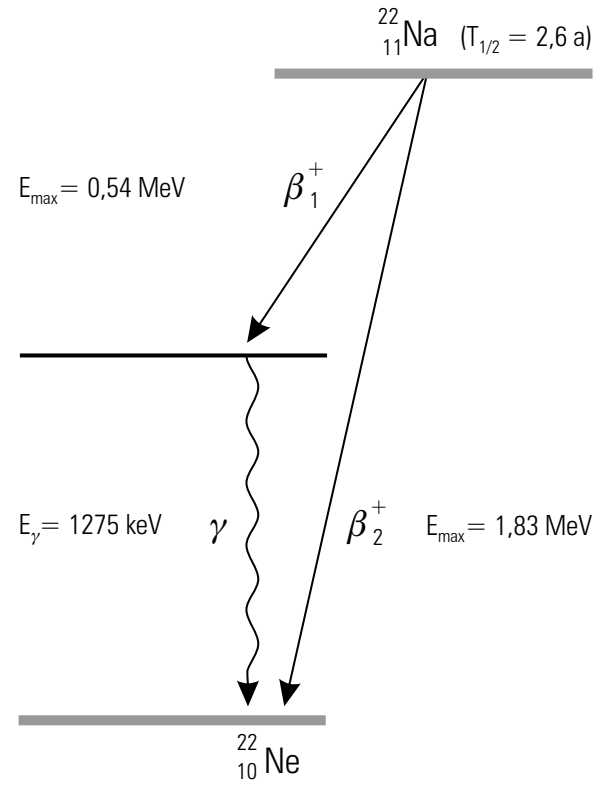
Zerfallsschema von $^{137}_{55}\text{Cs}$



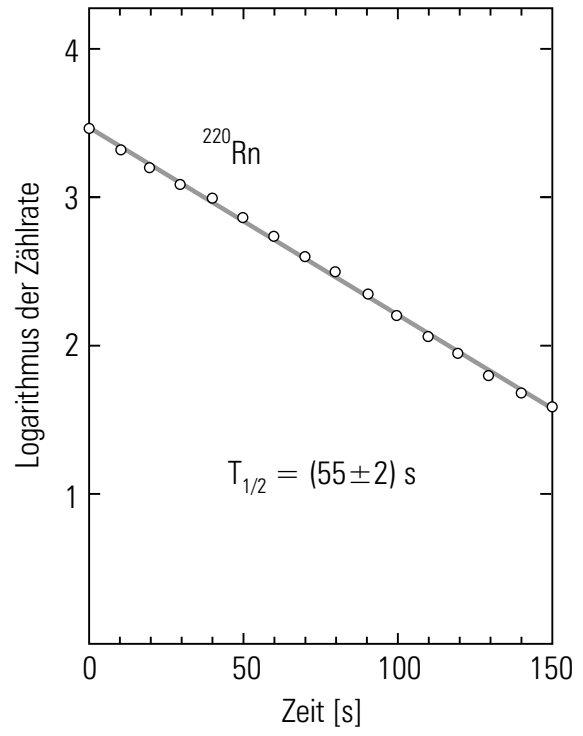
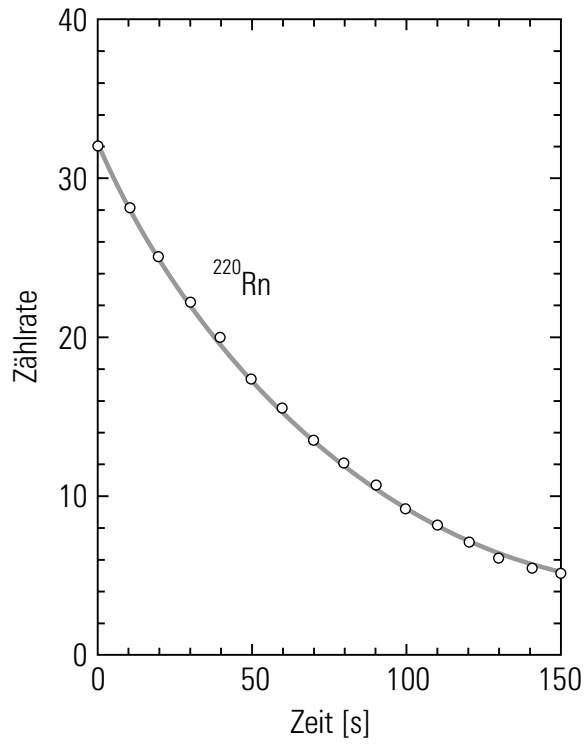
Zerfallsschema von $^{60}_{27}\text{Co}$

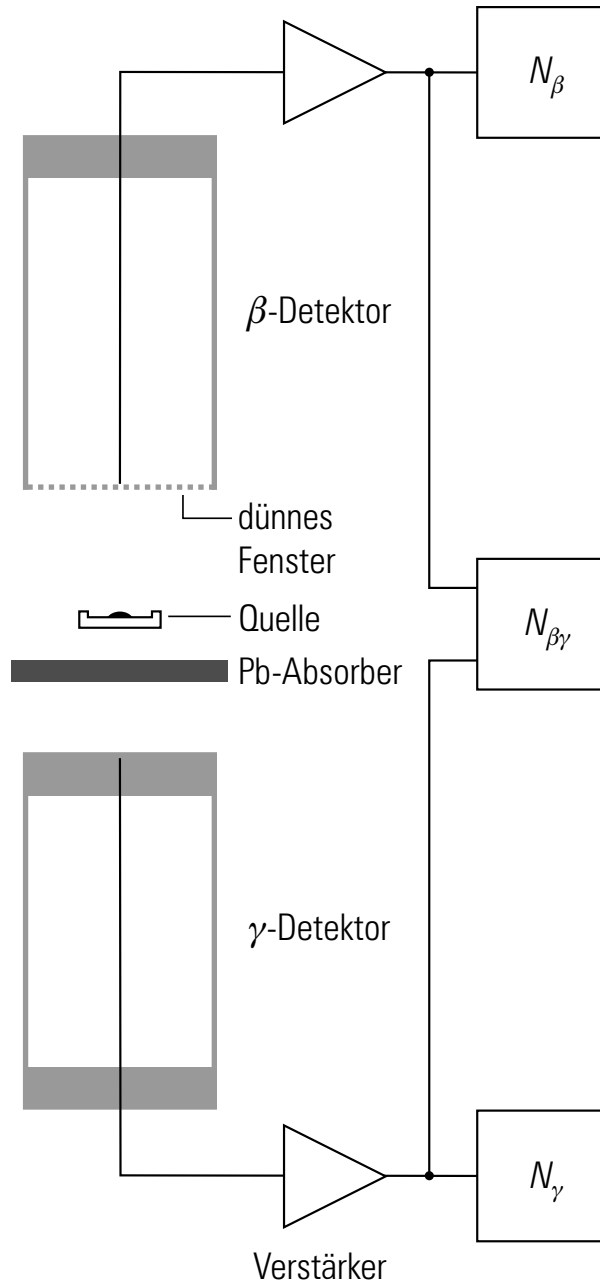


Zerfallsschema von $^{90}_{38}\text{Sr}$

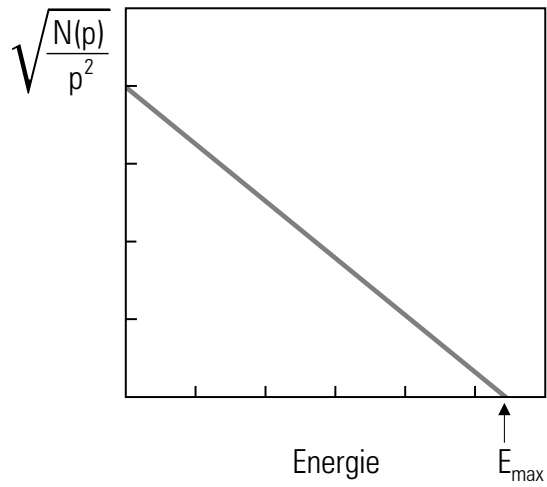


Zerfallsschema von $^{22}_{11}\text{Na}$

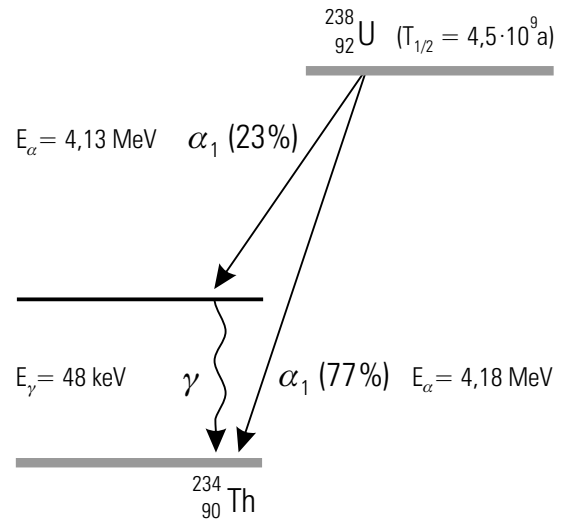




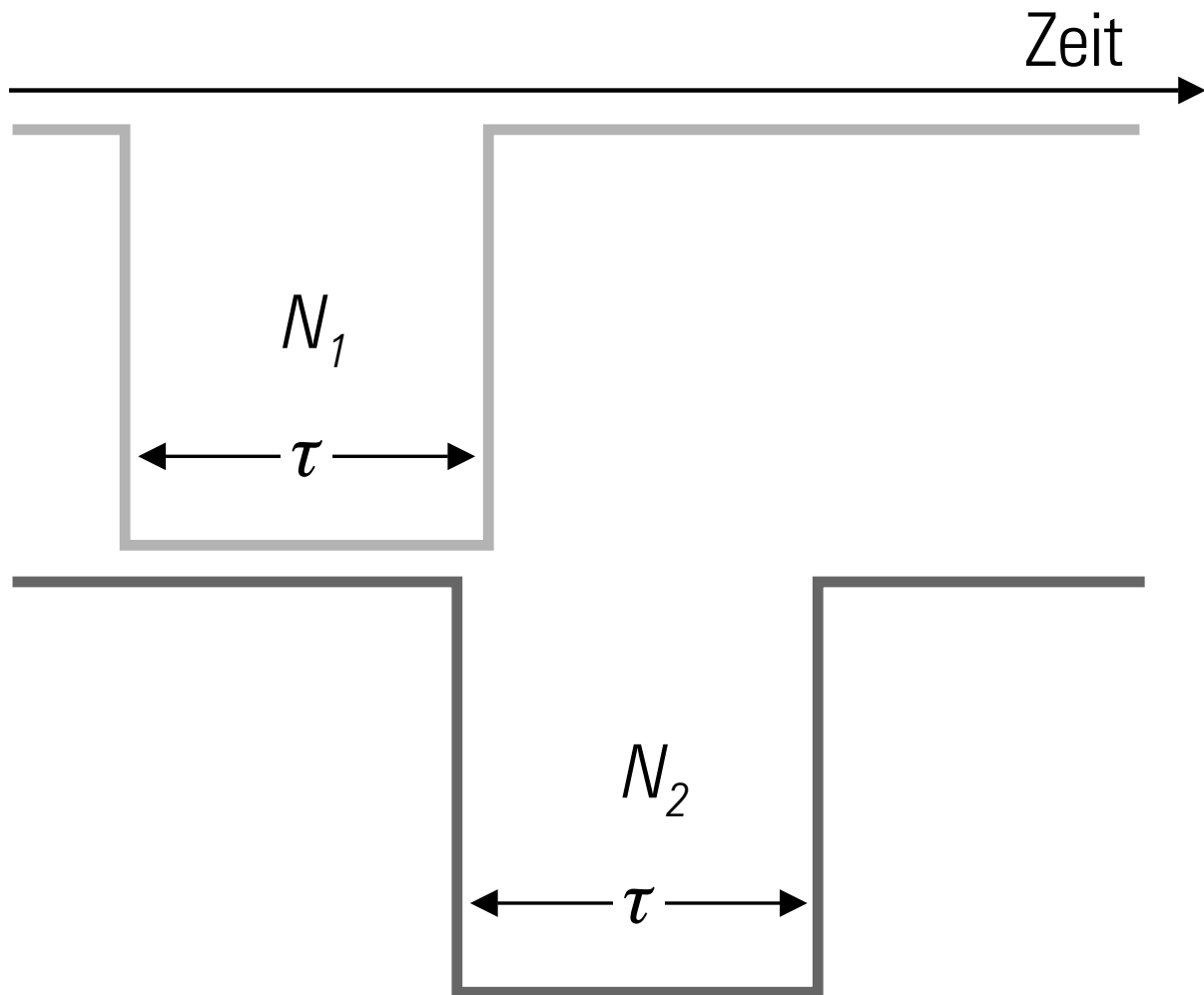
Beta-Gamma-Koinzidenzmethode zur Bestimmung der Absolutaktivität von radioaktiven Quellen



Fermi–Kurie-Darstellung
des Spektrums für einen β -
Strahler



Zerfallsschema von $^{238}_{92}\text{U}$



Motivation der Berechnungsformel für Zufallskoinzidenzen

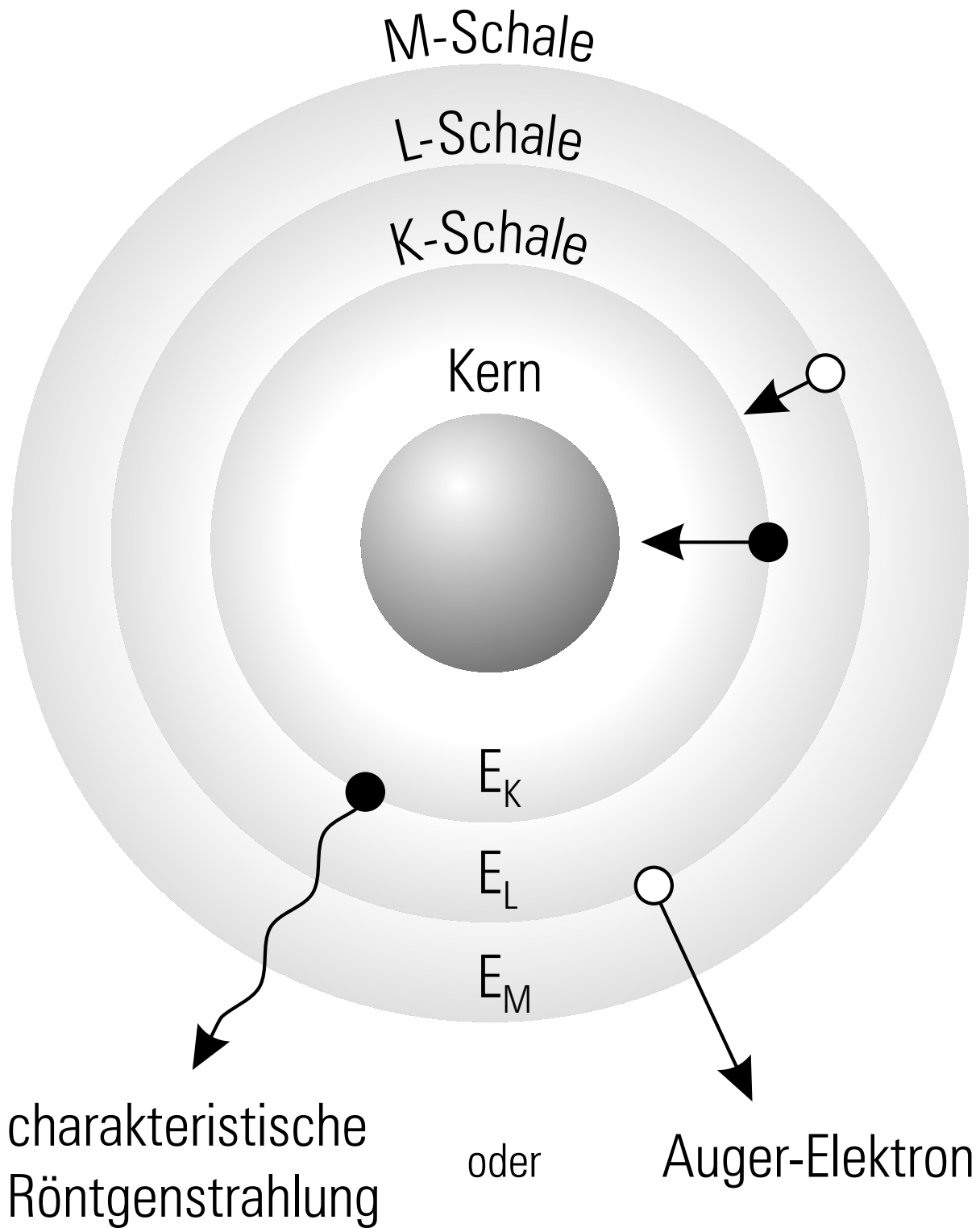
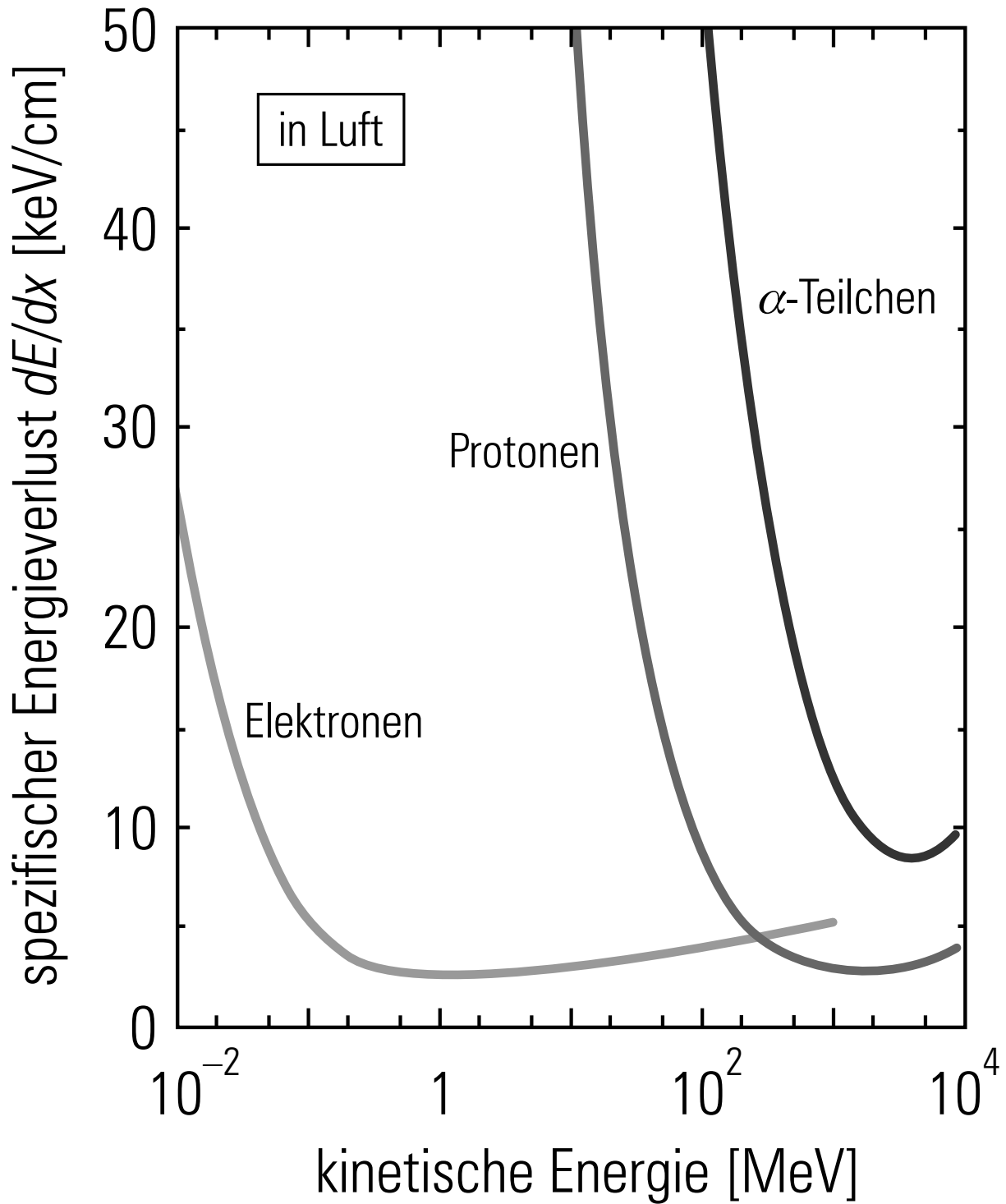
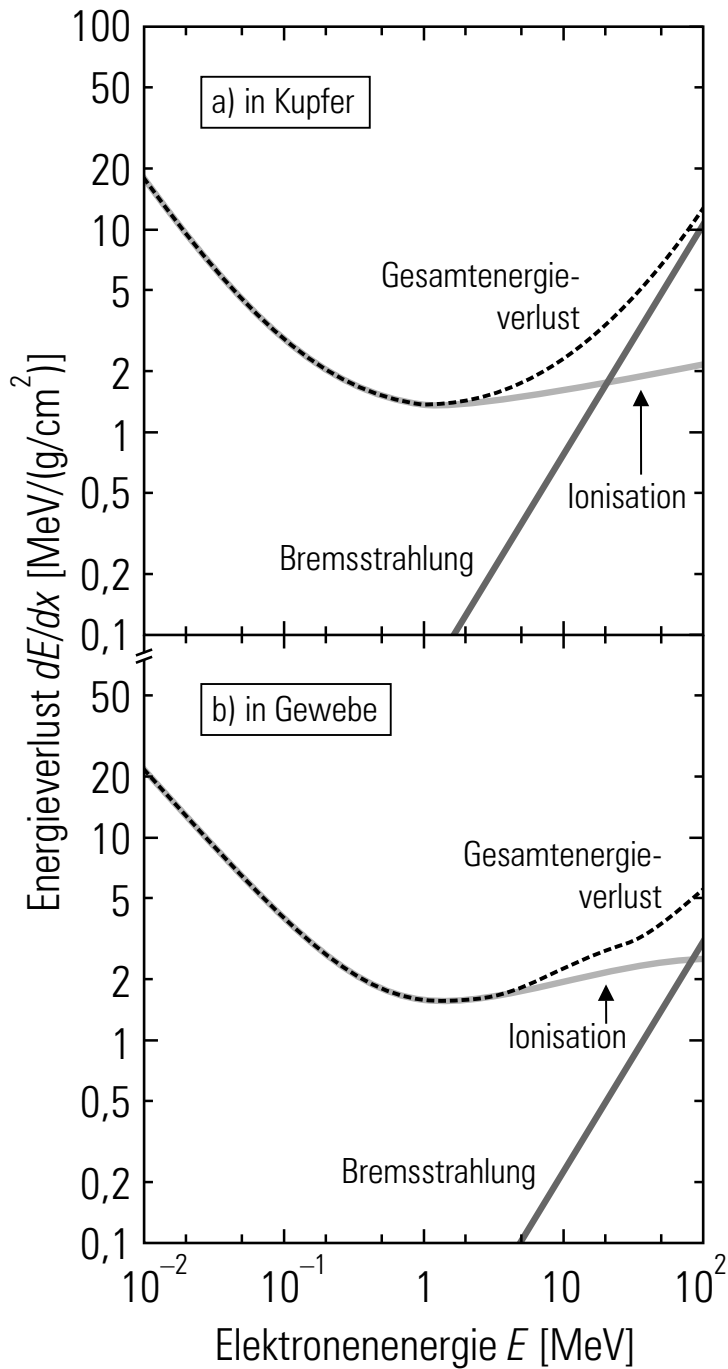


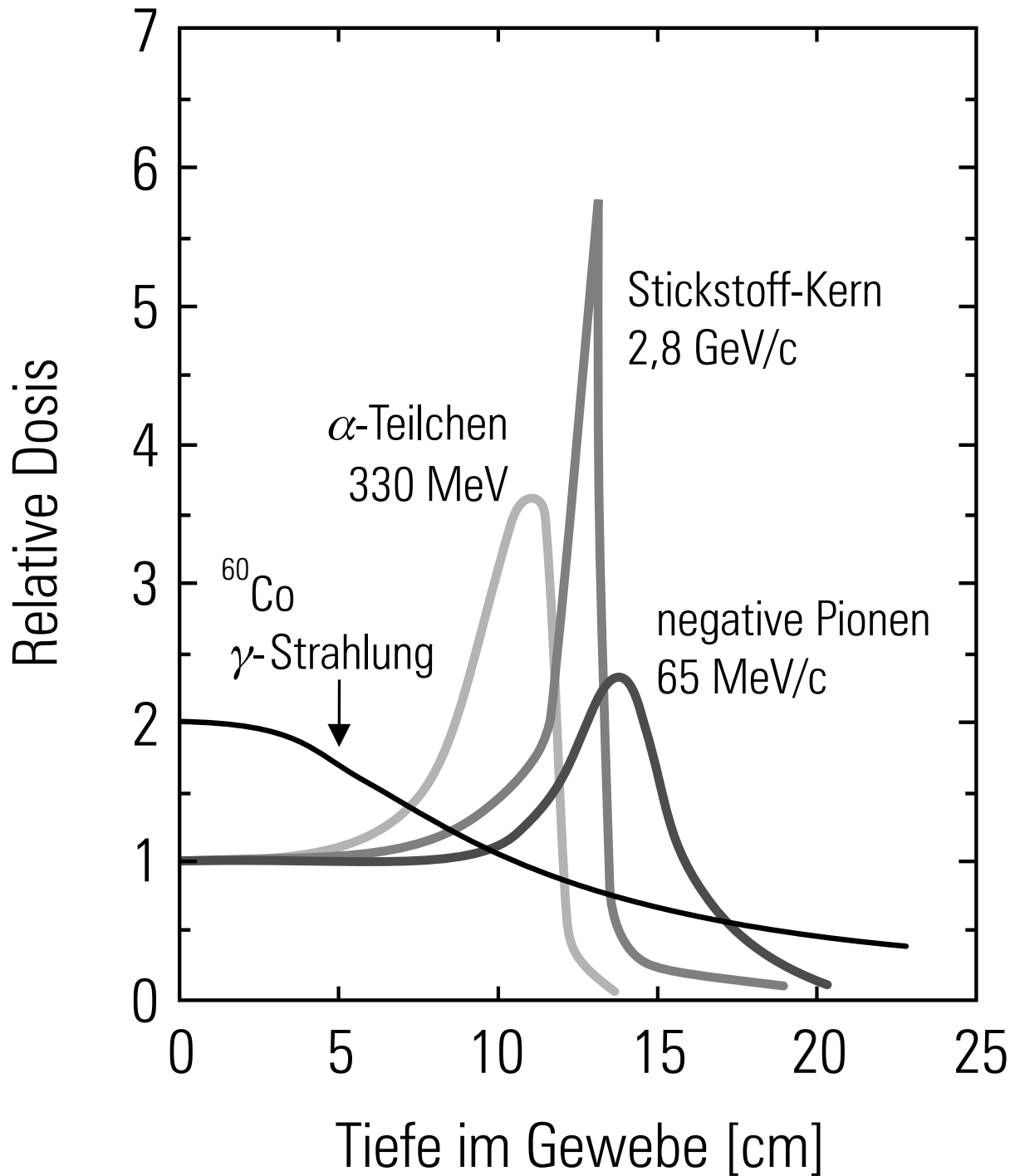
Illustration der Erzeugung von charakteristischer Röntgenstrahlung und Auger-Elektronen



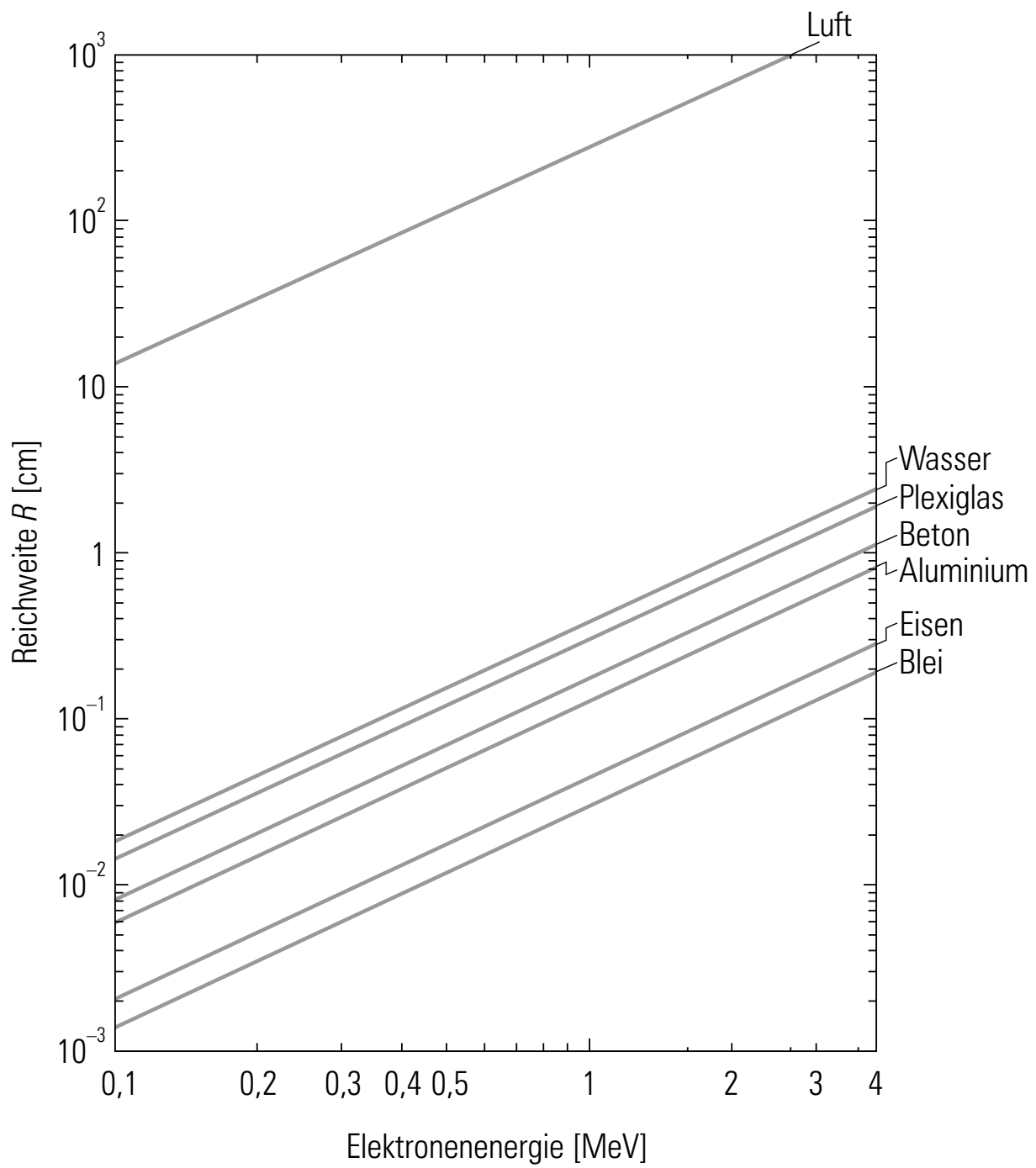
Energieverlust von Elektronen, Protonen und α -Teilchen in Luft als Funktion der Energie



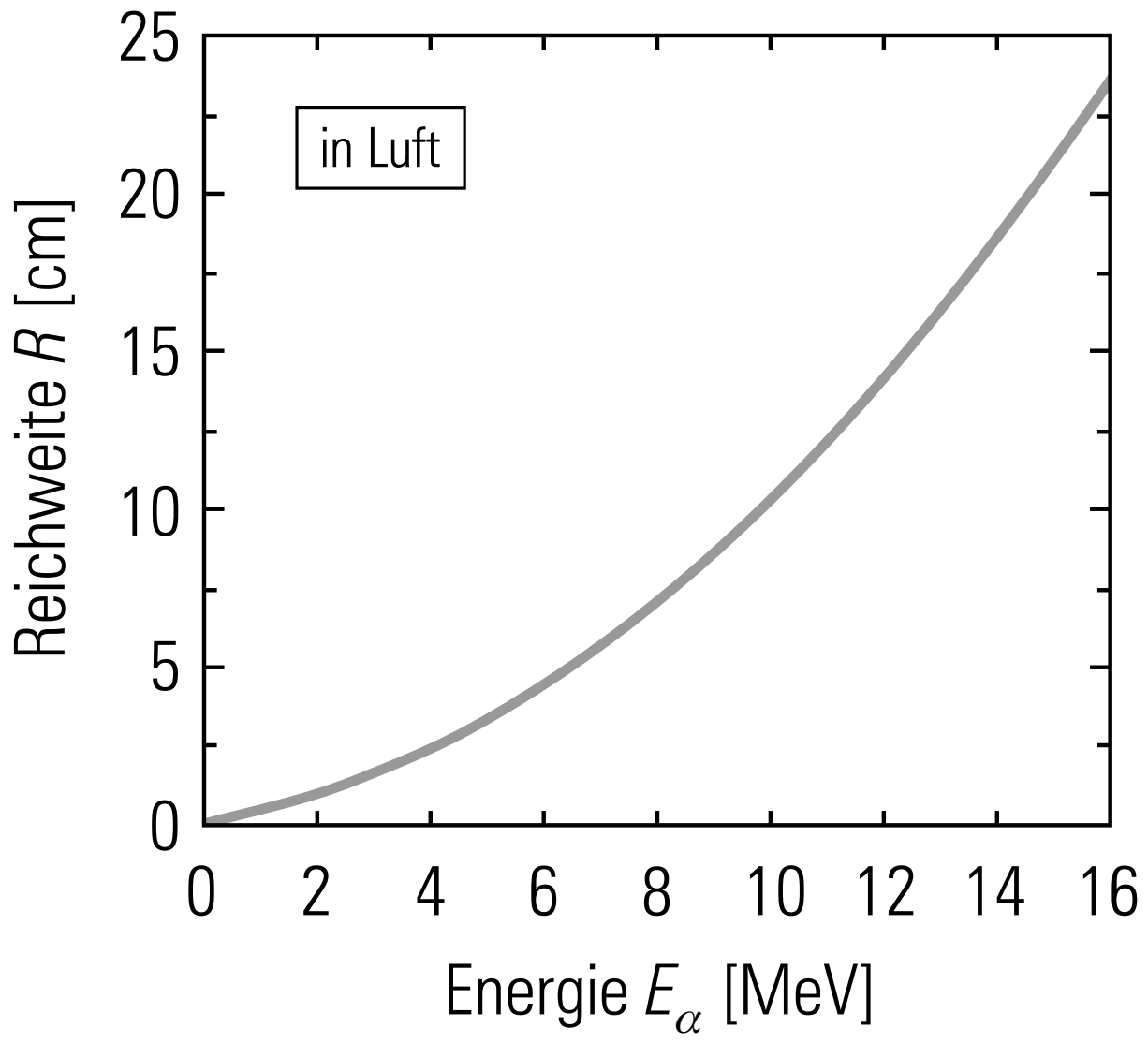
Spezifischer Energieverlust von Elektronen in Kupfer (a) und in Gewebe (b). Die Wegstrecke dx ist hier nicht in cm angegeben, sondern in der nahezu materialunabhängigen Massenbelegung $\rho \cdot dx$, wobei ρ die Dichte des Materials ist. $1 \text{ g}/\text{cm}^2$ Gewebe entsprechen ziemlich genau 1 cm , während $1 \text{ g}/\text{cm}^2$ Kupfer $0,11 \text{ cm}$ sind



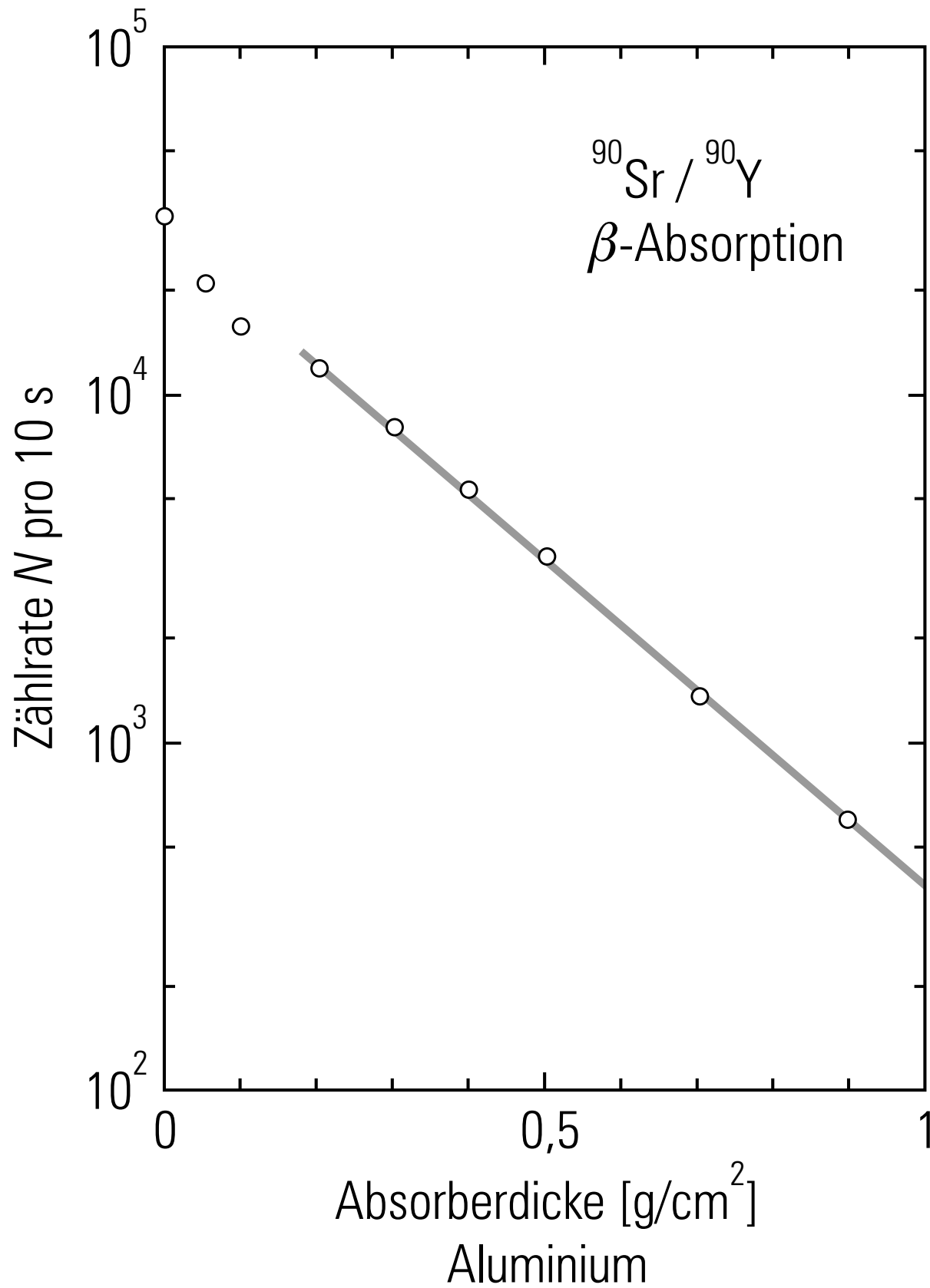
Relative Dosis als Funktion der Tiefe im Gewebe für Gamma-Strahlung von ^{60}Co , negative Pionen mit Impuls 65 MeV/c, Stickstoff-Kerne (Impuls 2,8 GeV/c) und α -Teilchen (Energie 330 MeV)



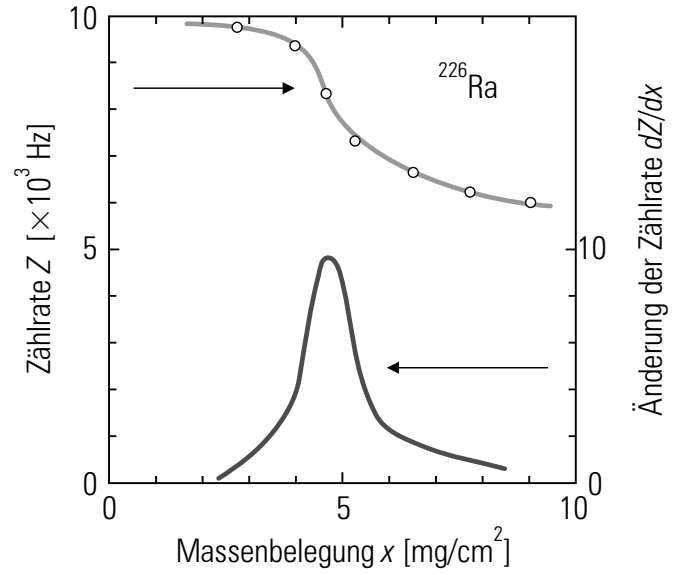
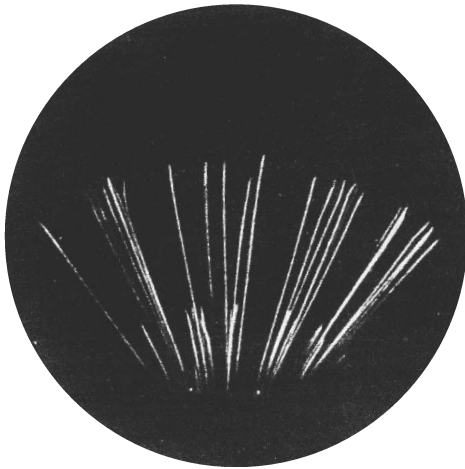
Reichweite von Elektronen in verschiedenen Materialien



Reichweite von α -Teilchen in Luft



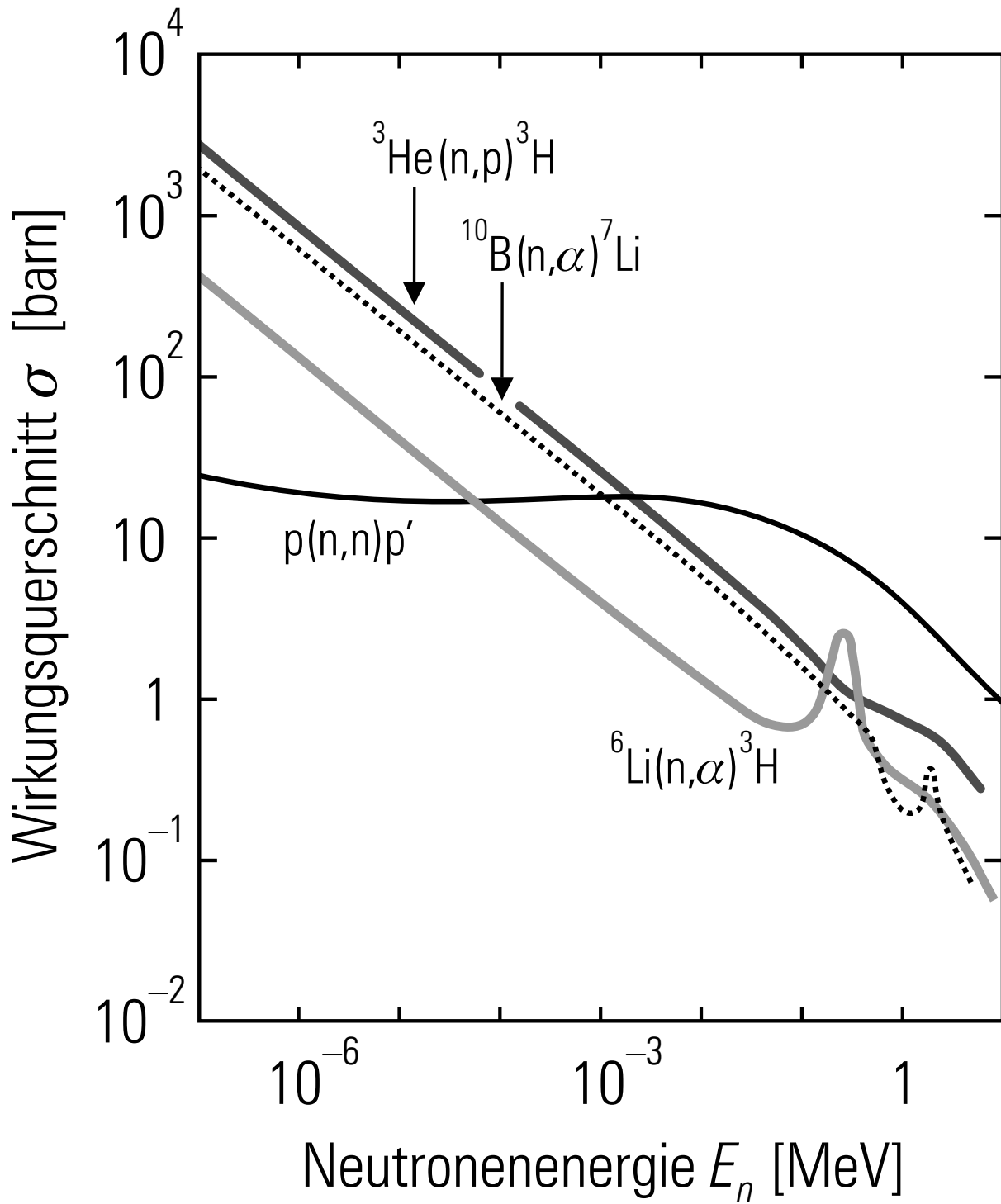
Absorption von Elektronen aus einer ^{90}Sr -Quelle in Aluminium



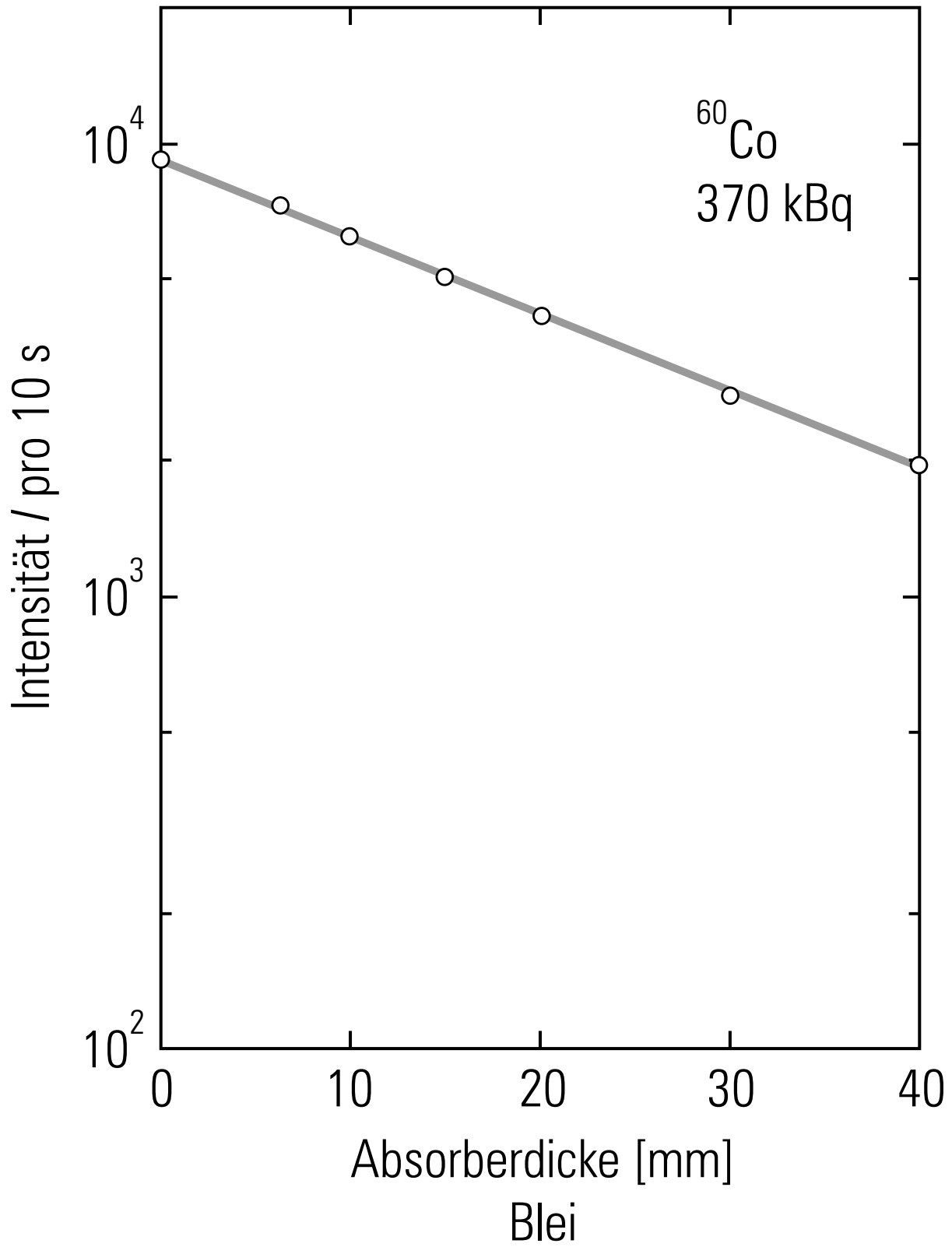
Spuren von 8,8 MeV und 6 MeV α -Teilchen in einer Nebelkammer (L. Meitner, K. Freitag; links); Bestimmung der Reichweite von α -Strahlen durch Absorptionsmessungen mit dünnen Polyethylenfolien (rechts)



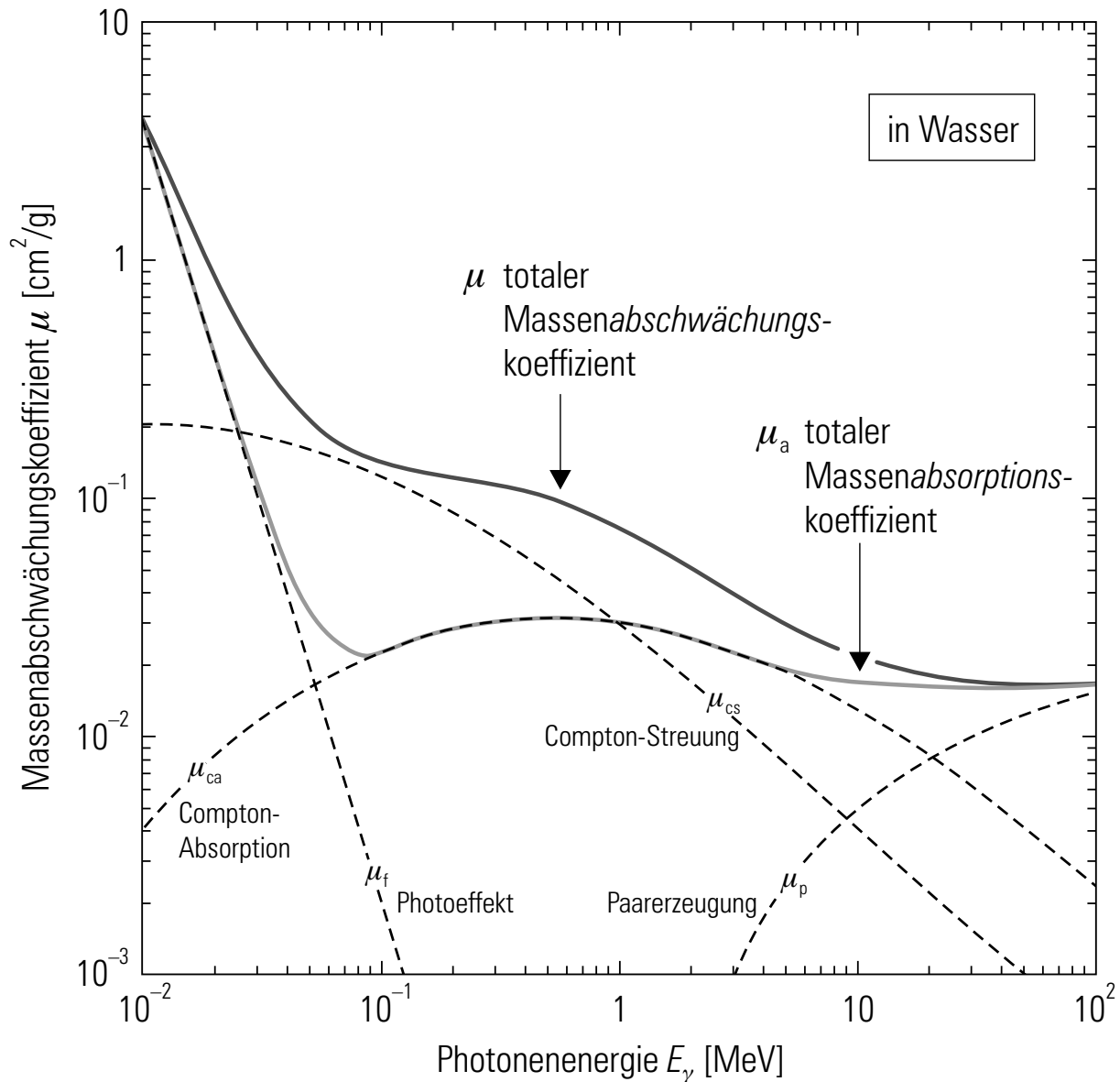
Linearbeschleuniger mit Photonenstrahlung (6 und 21 MV) sowie Elektronenenergien (6 bis 21 MeV) (Typ: Siemens KD-2, <http://www.ma.uni-heidelberg.de/inst/radonk/funktion.html>)



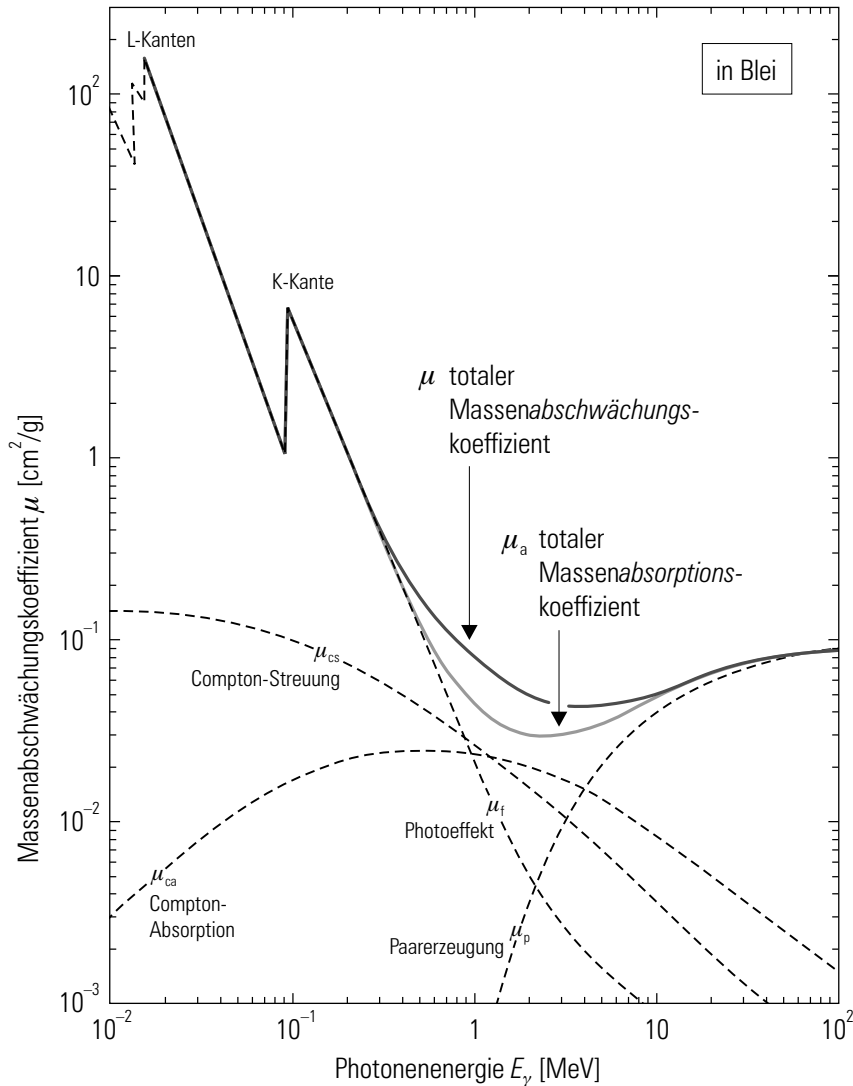
Wirkungsquerschnitte für neutroneninduzierte Reaktionen (1 barn = 10^{-24} cm²)



Absorption von γ -Strahlung aus einer ^{60}Co -Quelle in Blei



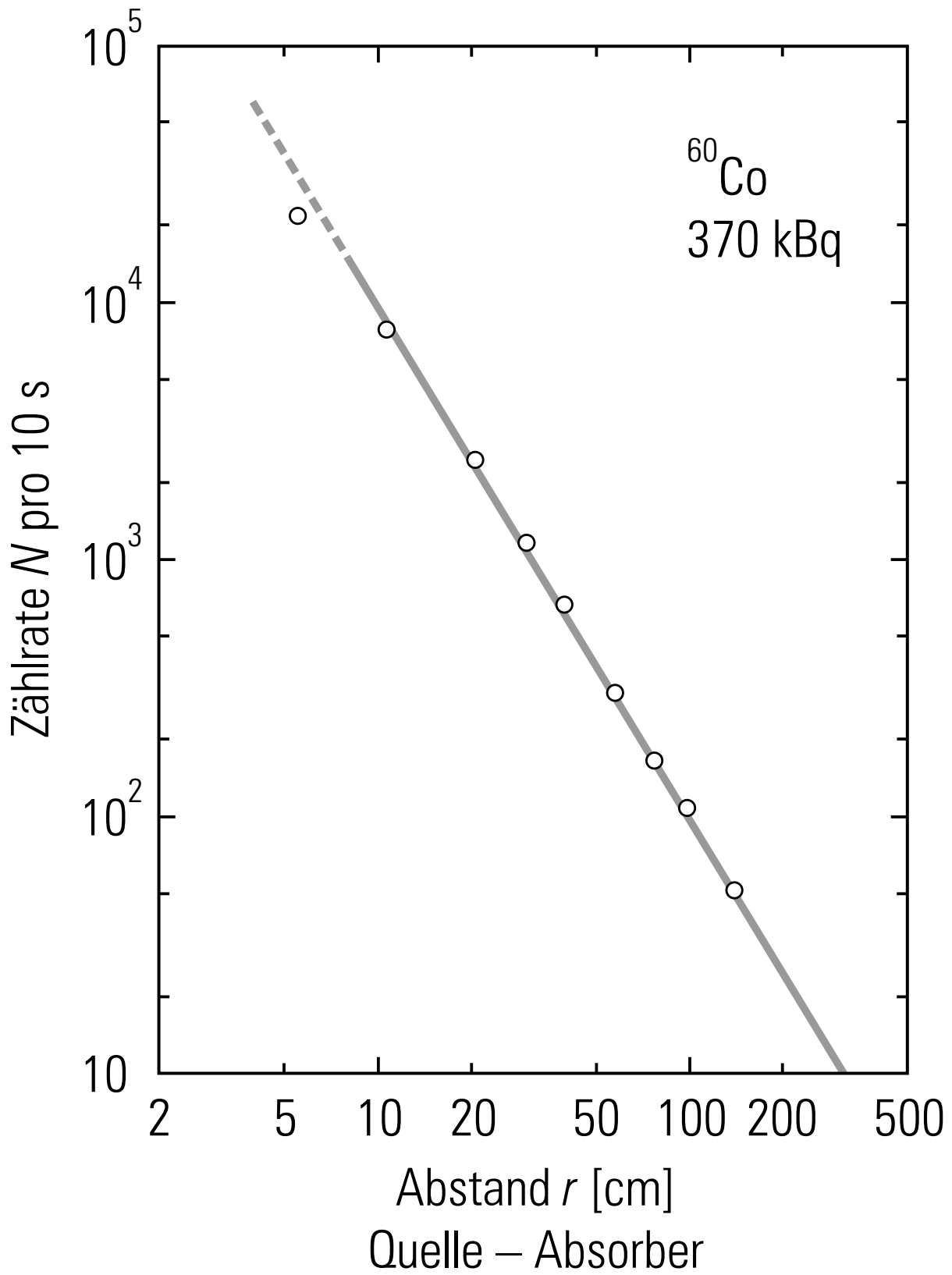
Energieabhängigkeit des Massenabschwächungskoeffizienten μ und Massenabsorptionskoeffizienten μ_a für Photonen in Wasser. μ_f beschreibt den Photoeffekt, μ_p die Paarerzeugung, μ_{cs} die Compton-Streuung und μ_{ca} die Compton-Absorption. μ_a ist der gesamte Massenabsorptionskoeffizient ($\mu_a = \mu_f + \mu_p + \mu_{ca}$) und μ der gesamte Massenabschwächungskoeffizient ($\mu = \mu_f + \mu_p + \mu_c$ mit $\mu_c = \mu_{cs} + \mu_{ca}$)



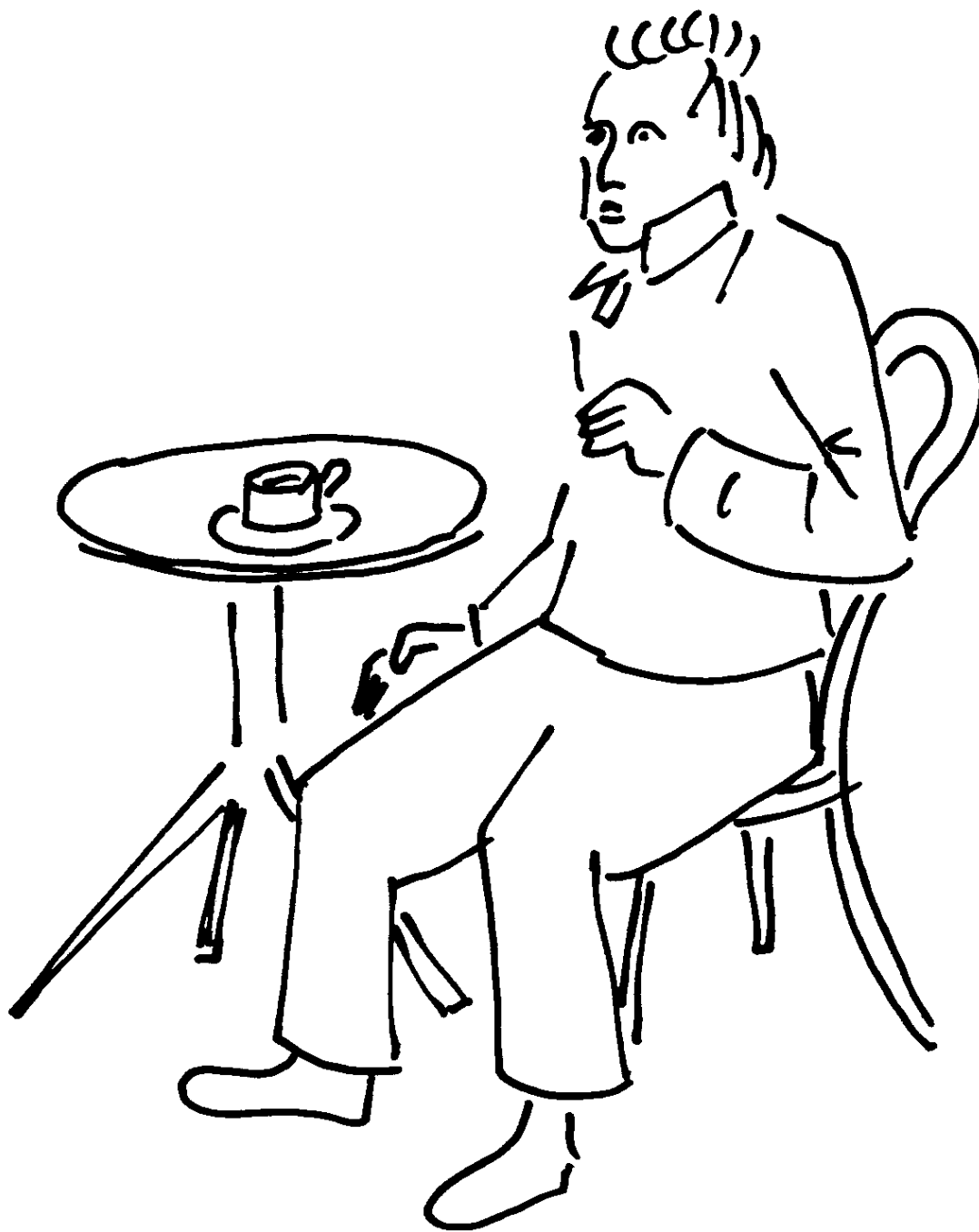
Energieabhängigkeit des Massenabschwächungskoeffizienten μ und Massenabsorptionskoeffizienten μ_a für Photonen in Blei. μ_f beschreibt den Photoeffekt, μ_p die Paarerzeugung, μ_{cs} die Compton-Streuung und μ_{ca} die Compton-Absorption. μ_a ist der gesamte Massenabsorptionskoeffizient ($\mu_a = \mu_f + \mu_p + \mu_{ca}$) und μ der gesamte Massenabschwächungskoeffizient ($\mu = \mu_f + \mu_p + \mu_c$ mit $\mu_c = \mu_{cs} + \mu_{ca}$)



Teleskopsonde zur Aktivitäts- und Kontaminationsmessung bei großen Abständen (Basismessgerät Graetz X50 DE mit Zählrohrsonde DE, Graetz Strahlungsmesstechnik GmbH)

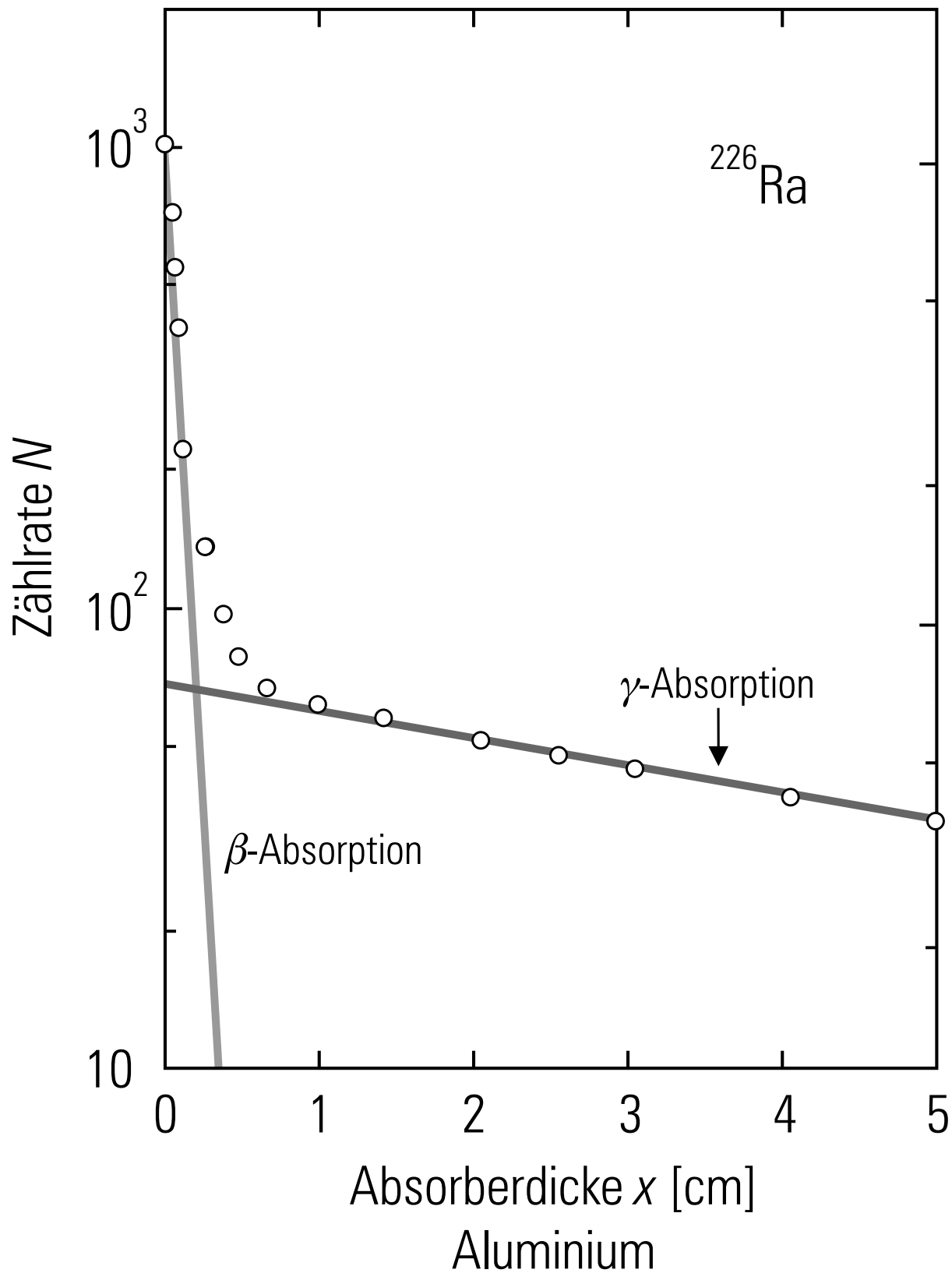


Abstandsgesetz ($1/r^2$ -Gesetz) für die γ -Strahlung aus einer ^{60}Co -Quelle

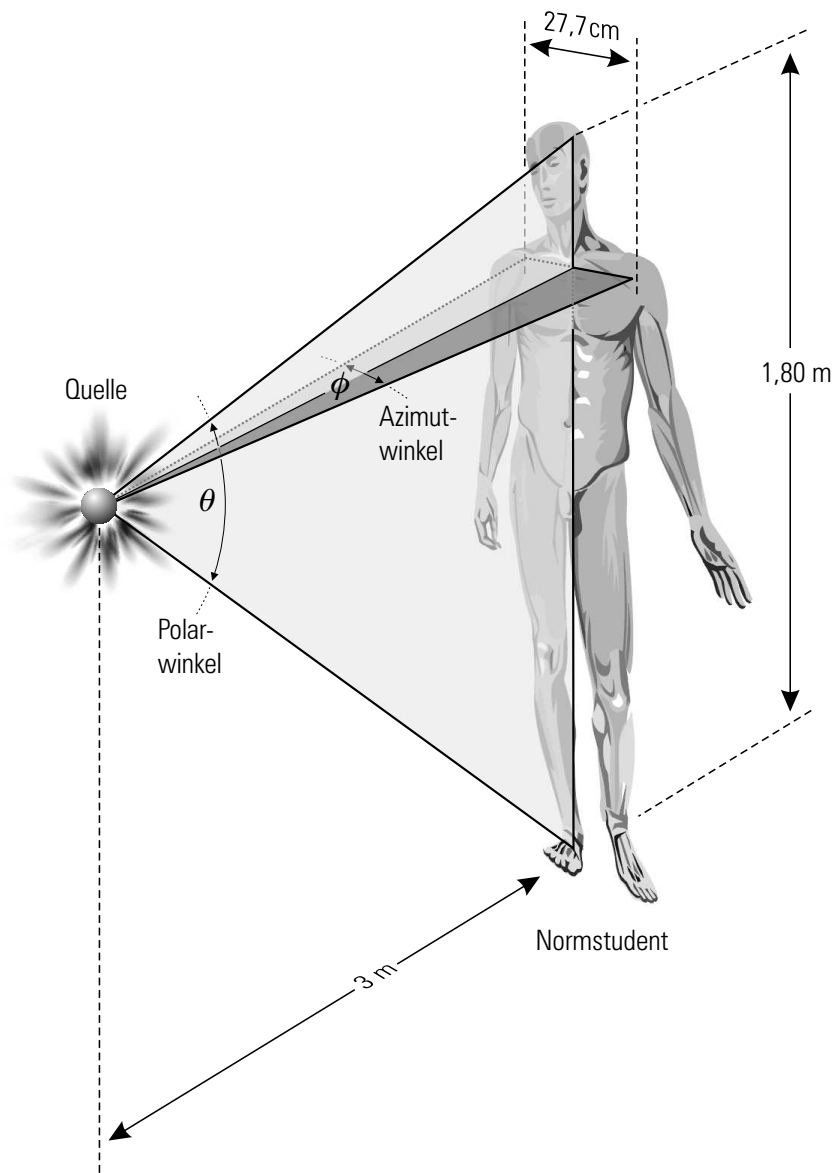


„Mein Gott, der Kaffee bringt ja 200 J/kg “

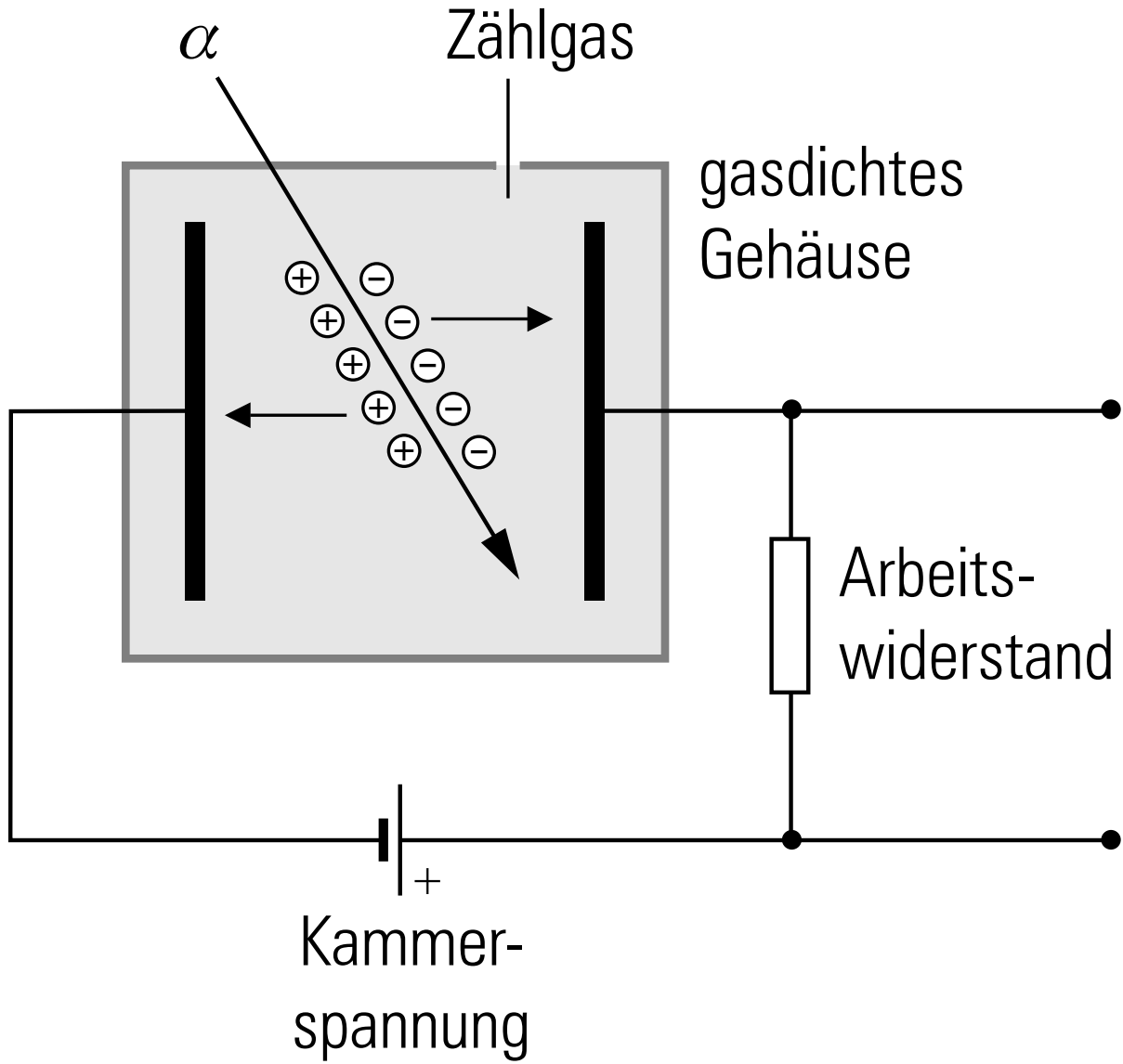
© by Claus Grupen



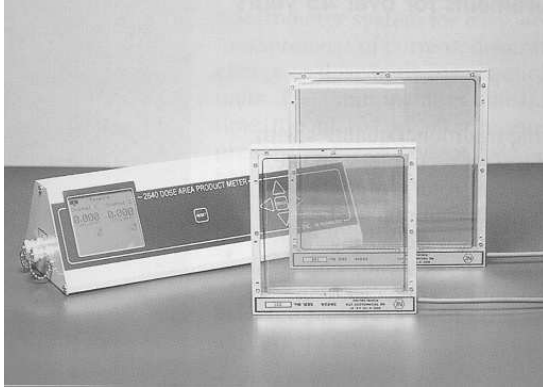
Absorption von β - und γ -Strahlung aus einer ^{226}Ra -Quelle in Aluminium



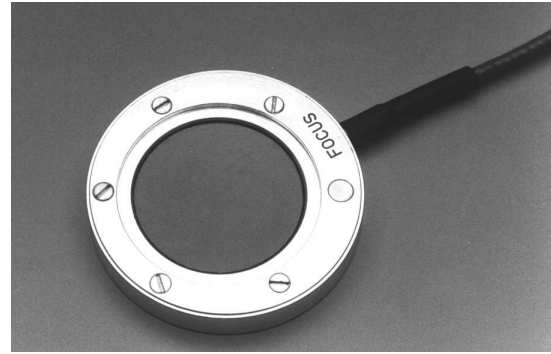
Skizze zur Verdeutlichung des Raumwinkels, unter dem die Quelle den Studenten sieht



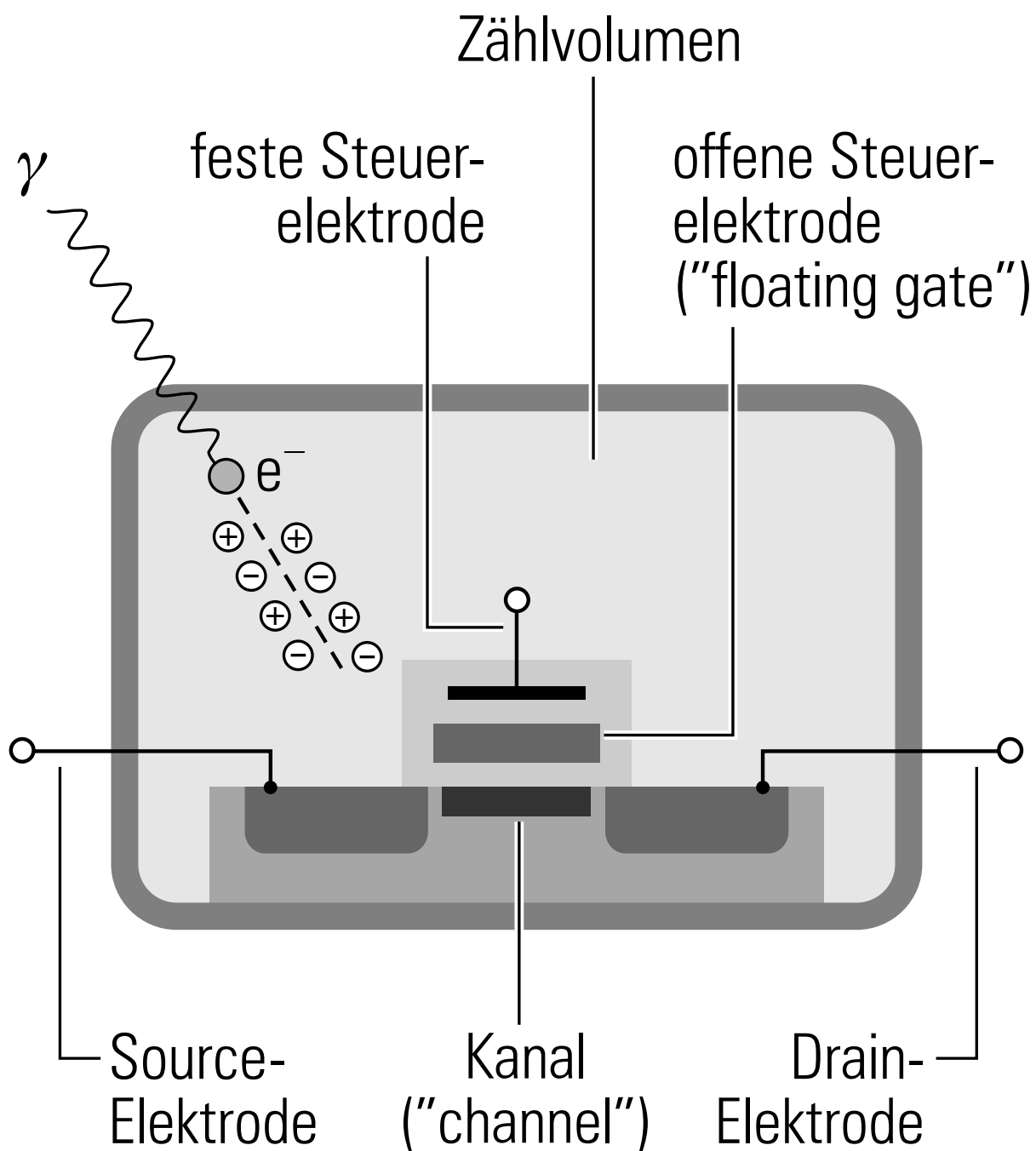
Arbeitsprinzip einer Ionisationskammer



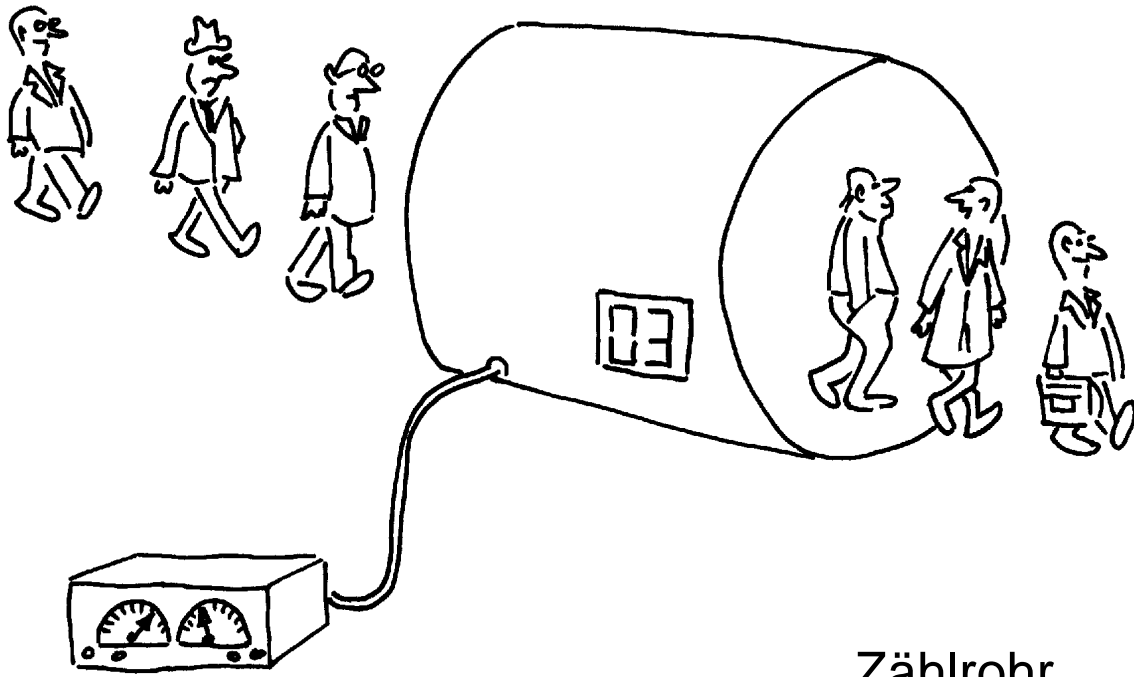
Parallelplatten-Ionisationskammern mit Ausleseinheit für Röntgengeräte; Messbereich $0,001-9999 \text{ Gy/cm}^2$ (Typ: DOSE AREA PRODUCT METER 2640A, NE Technology Ltd, Thermo Eberline Trading GmbH)



Ionisations-Flachkammer für die Röntgendiagnostik; maximale Dosisleistung 20 Gy/s (Typ 77334; Physikalisch-Technische Werkstätten Dr. Pychlau GmbH, Freiburg)

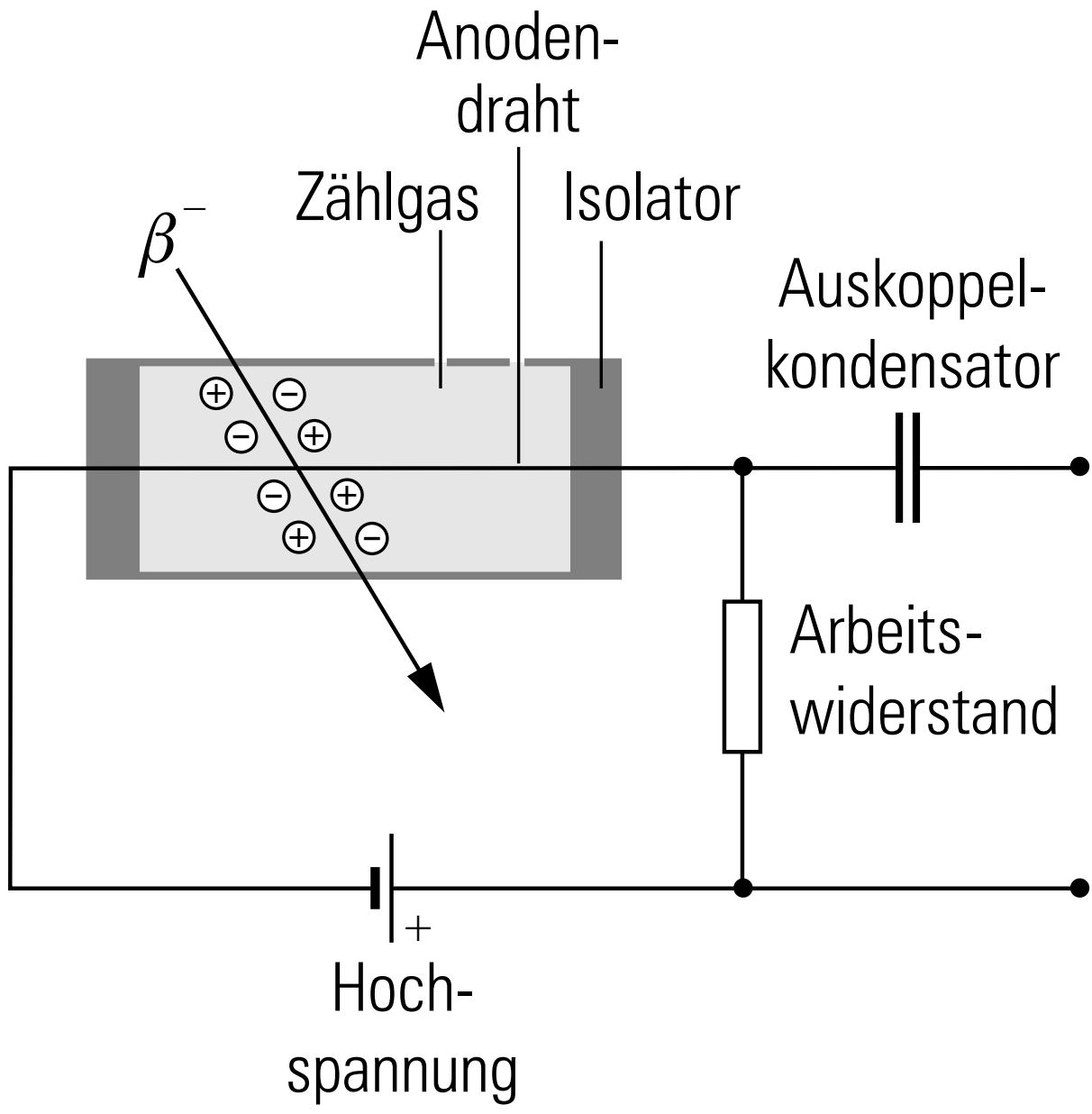


Prinzip des Ionen-Speicher-Dosimeters DIS

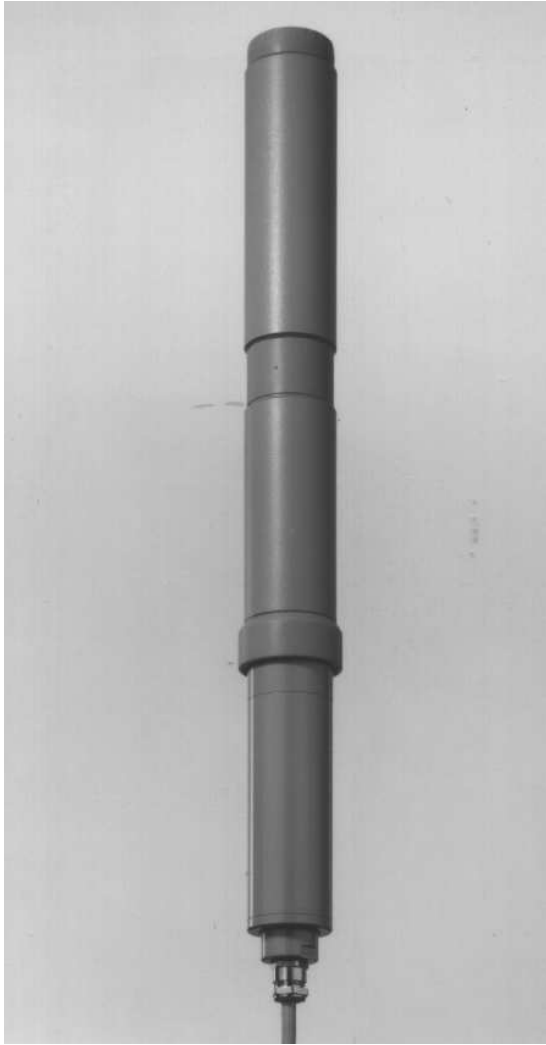


Zählrohr

© by Claus Grupen



Prinzipieller Aufbau eines Zählrohres



Proportionalzählrohr; Dosisleistungsbereich $5 \cdot 10^{-2}$ bis $5 \cdot 10^3 \mu\text{Sv/h}$ (Typ LB 6360; Berthold Technologies)



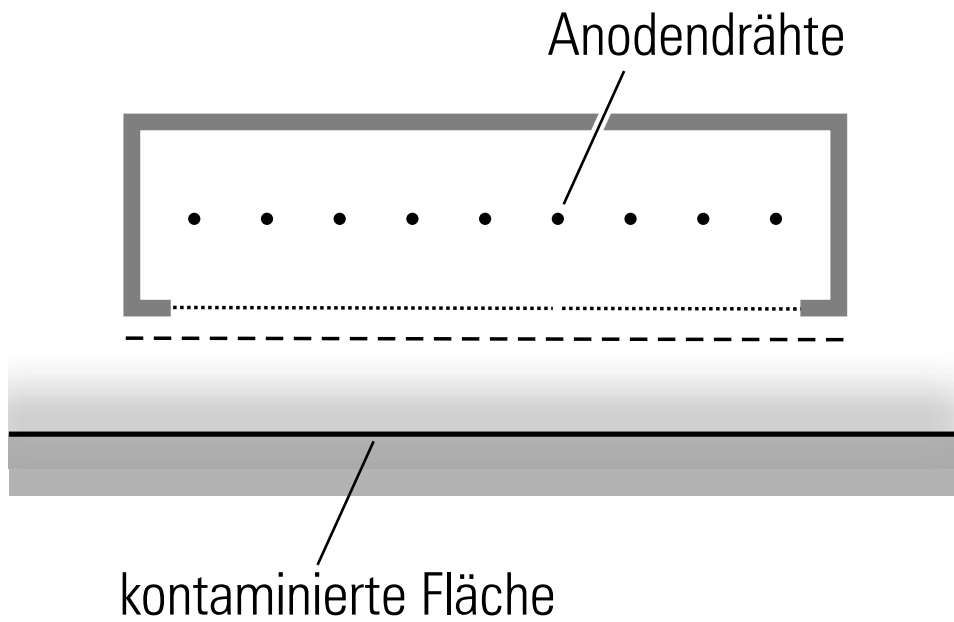
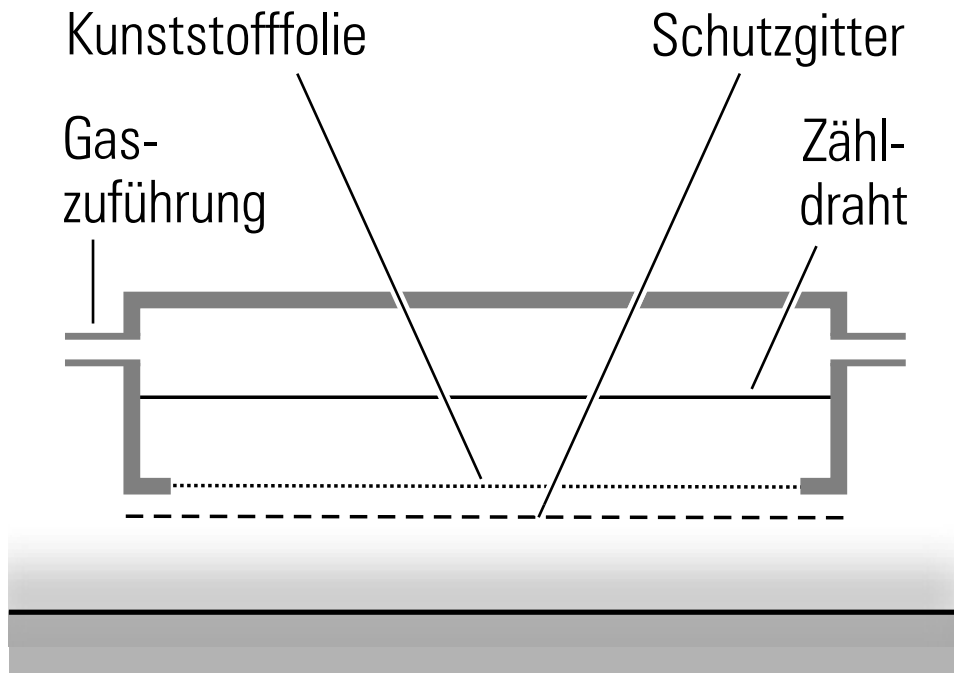
Geiger-Müller-Zählrohr; Dosisleistungsbereich 10^{-4} bis 1 Sv/h (Typ LB 6361; Berthold Technologies)



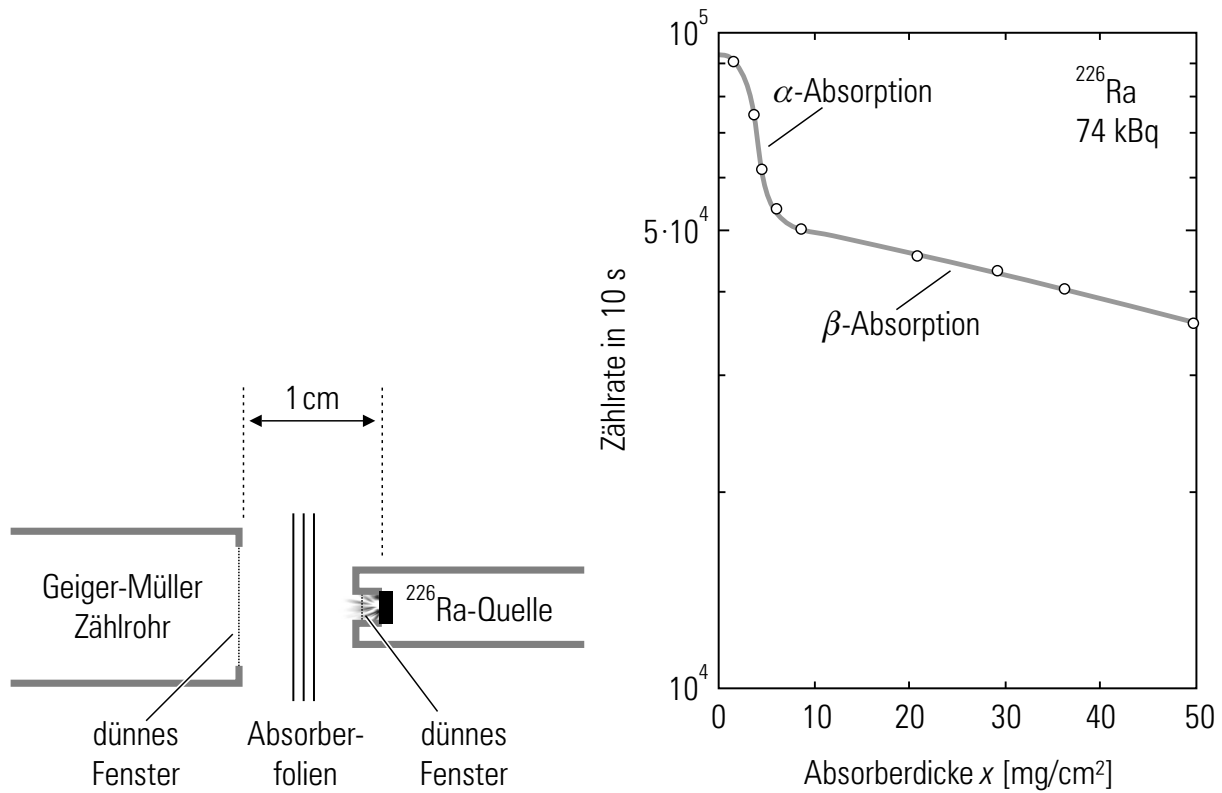
Kontaminationsmonitor als Großflächenzähler für α -, β - und γ -Strahlung; Anzeige in s^{-1} oder in Bq/cm^2 (Typ Contamat FHT 111 M, ESM Eberline Instruments GmbH)



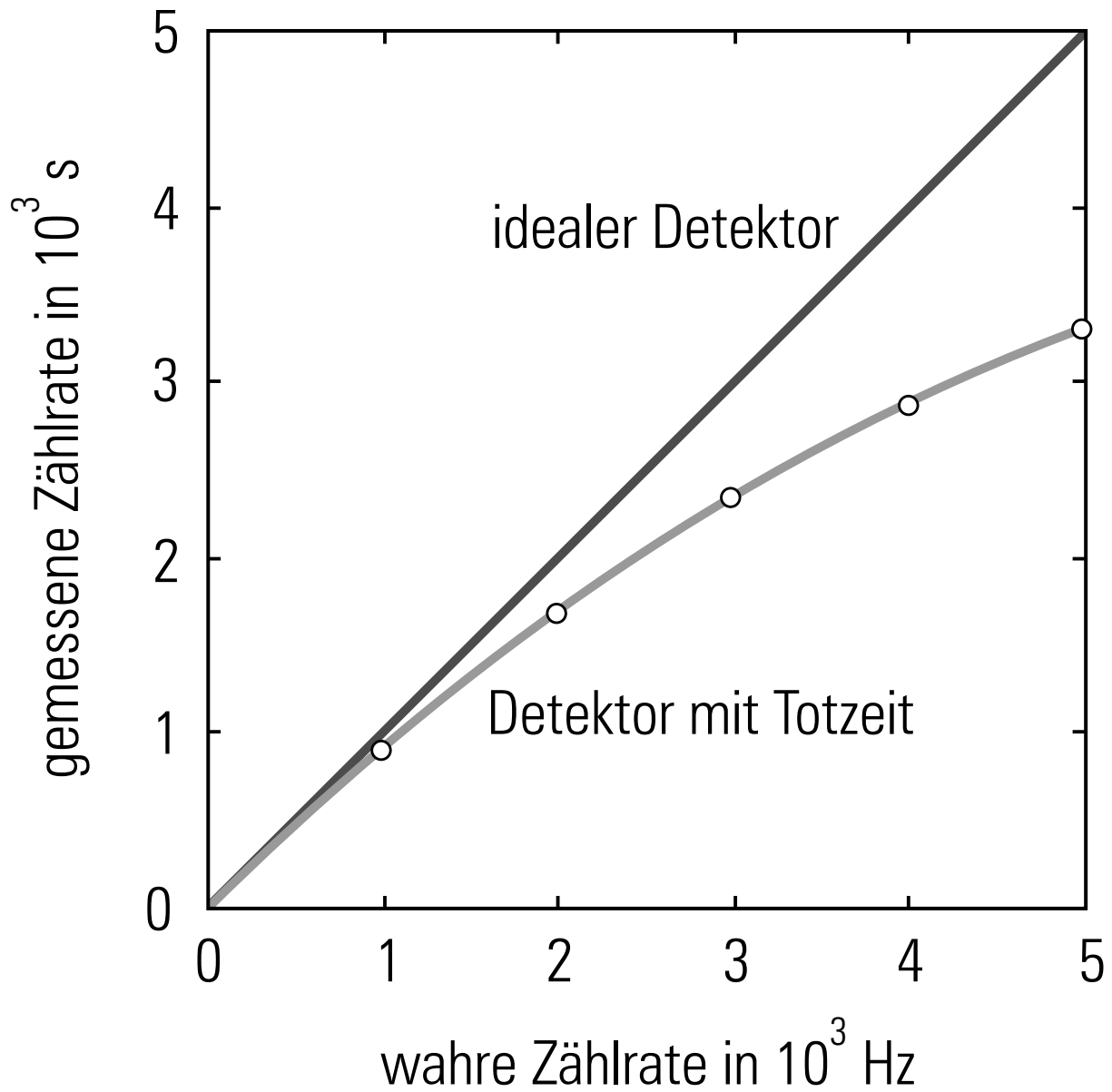
Kontaminationsmessgeräte mit verschiedenen Durchflusszählrohren, fensterlosem Tritium-Zählrohr und Szintillationsdetektor (ESM Eberline Instruments GmbH)



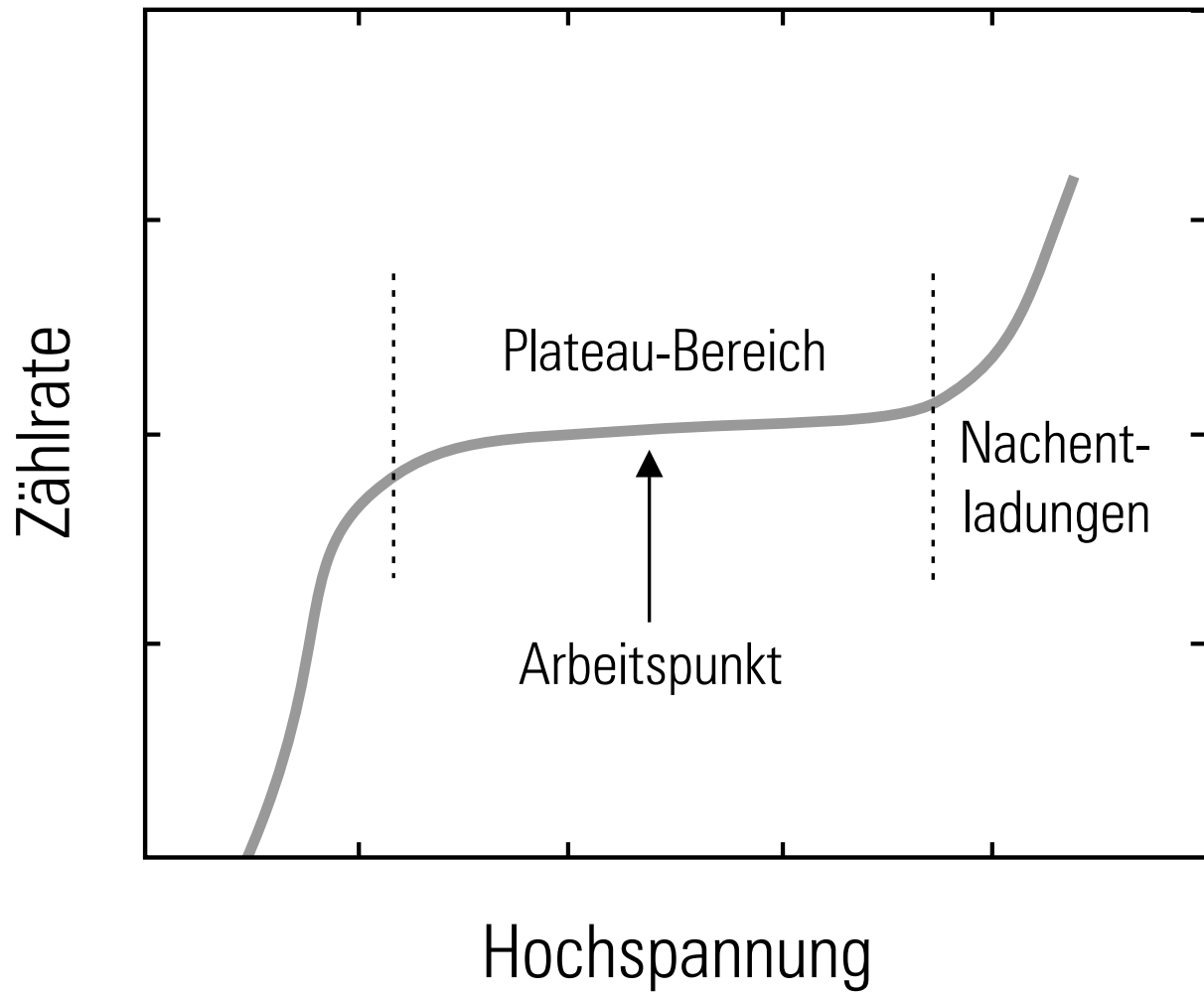
Großflächenzähler zur Aktivitäts- und Kontaminationsmessung
(Ansichten parallel und senkrecht zu den Drähten)



Trennung von α - und β -Strahlung durch Absorption in dünnen Polyethylenfolien



Bestimmung der Totzeit eines Geiger-Müller-Zählrohrs durch Messung der Ratenabhängigkeit bei bekannter Aktivität



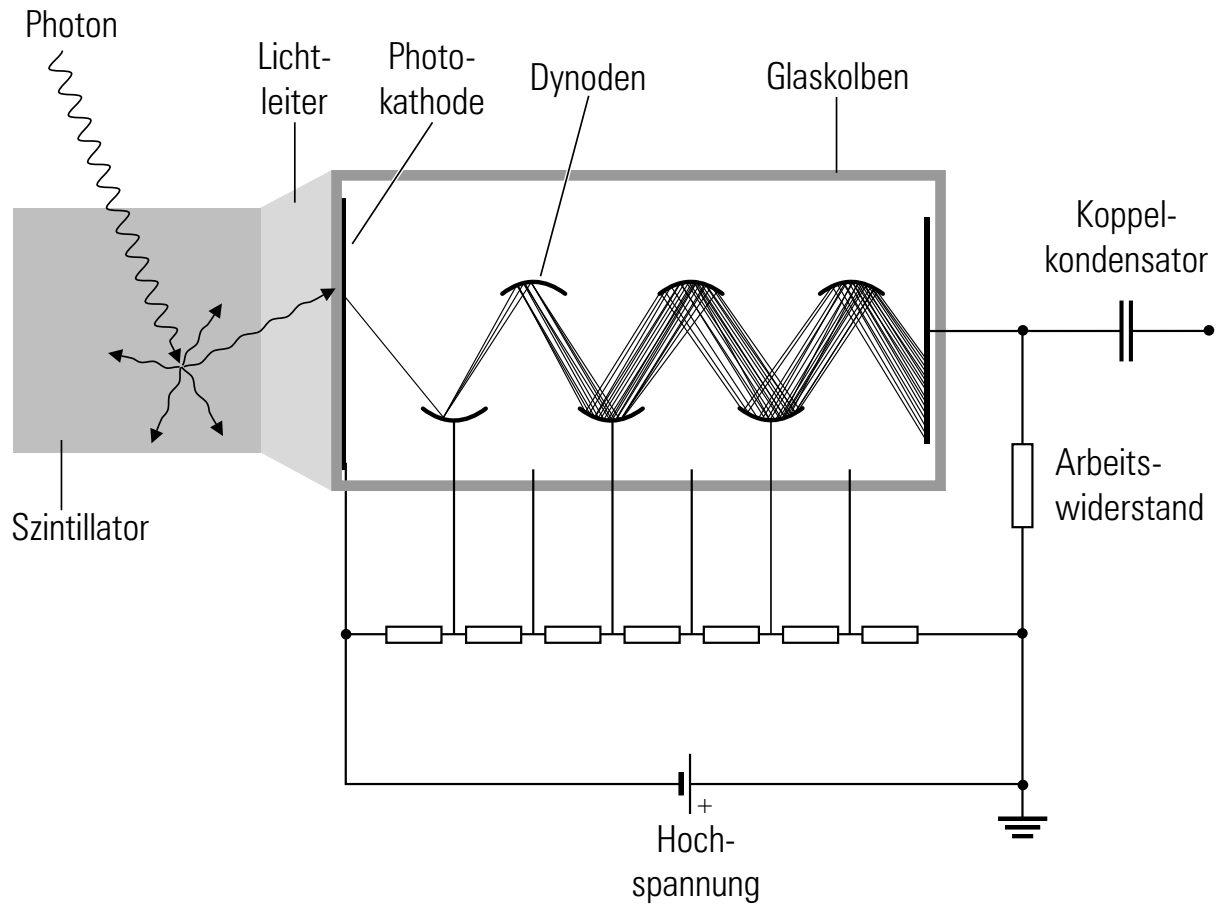
Charakteristik eines Zählrohrs



Aktivitäts- und Dosisleistungsmessung für α -, β - und γ -Strahlung mit einem Geiger-Müller-Zählrohr (Messgerät Graetz X 5 DE, Impuls-sonde 18526 D, Graetz Strahlungsmesstechnik GmbH)



Analog anzeigendes Strahlungs- und Kontaminationsmessgerät mit Endfenster-Geiger-Müller-Zählrohr (mini-Instruments Ltd., Thermo Eberline Trading GmbH)



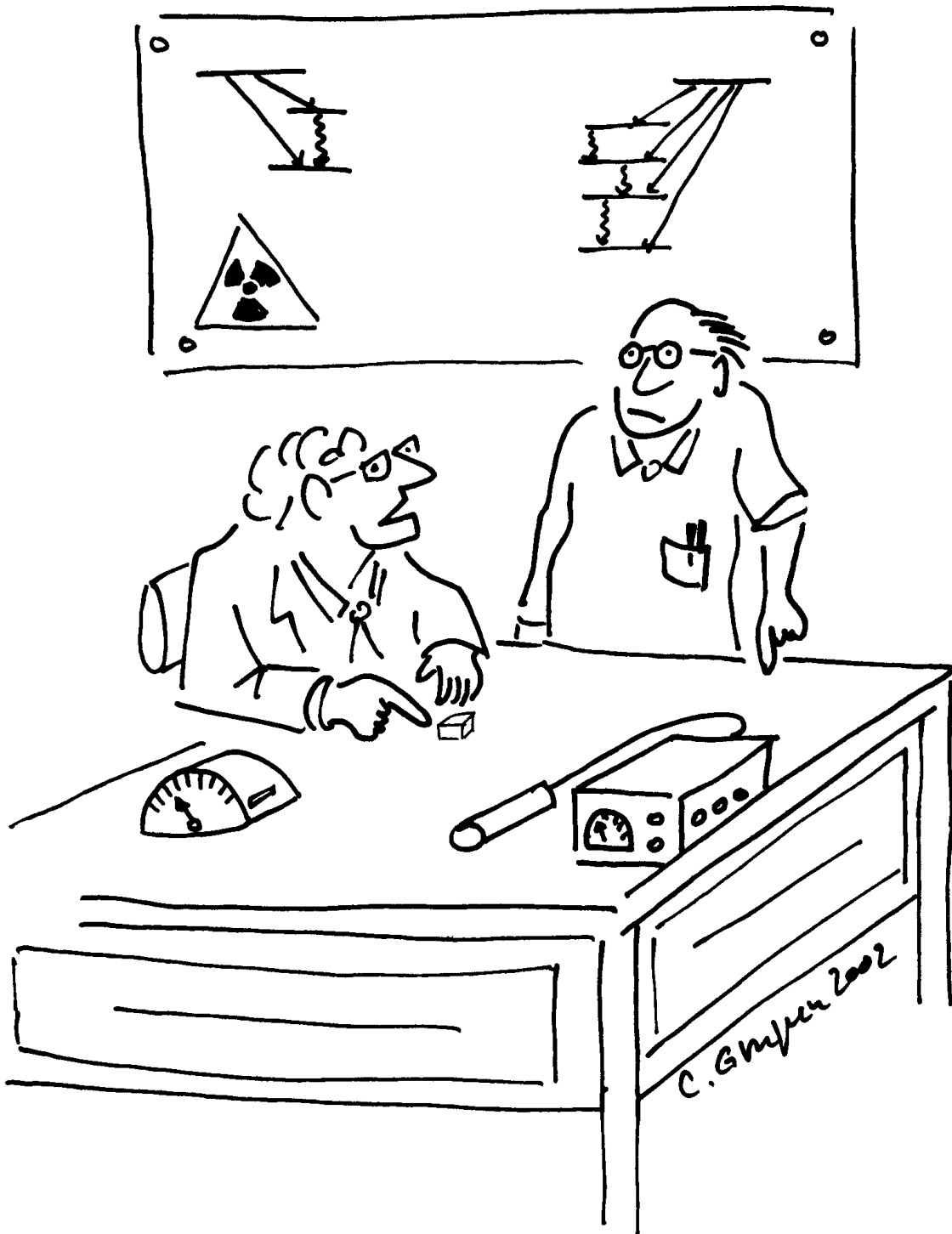
Prinzipieller Aufbau eines Szintillationszählers mit Photomultiplierauslese



Dosisleistungsmessgerät mit NaI-Detektor; Dosisleistungsmessbereich 40 nSv/h–2 mSv/h (Typ SCINTO, S.E.A. GmbH)

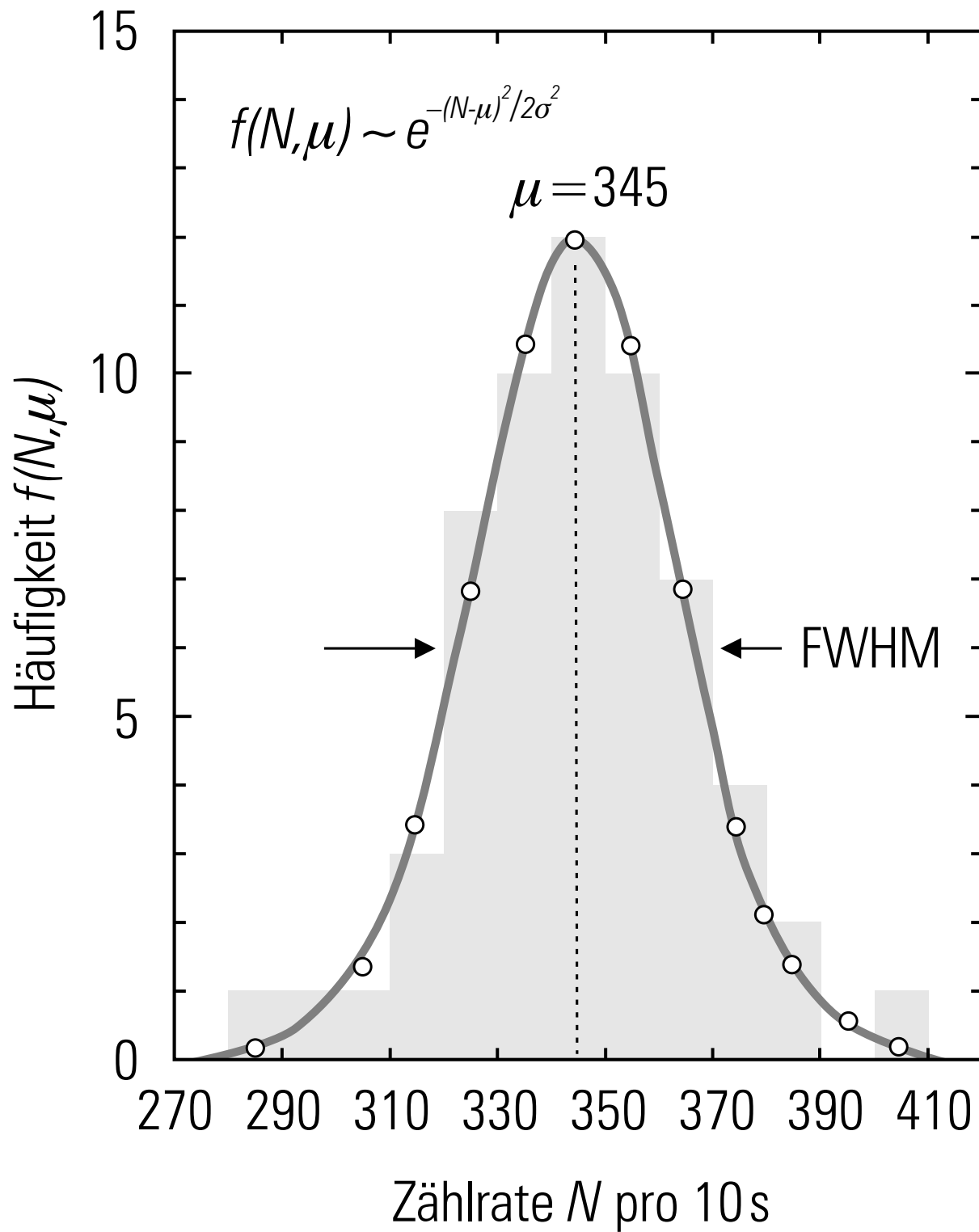


Digitales tragbares Gammaskpektrometer mit NaI-Szintillationsdetektor zur Dosisleistungsmessung und Nuklididentifikation. Messbereich 10 nSv/h–1 Sv/h, 20 keV–2,5 MeV (Typ fieldSPEC, target systemelectronic GmbH)

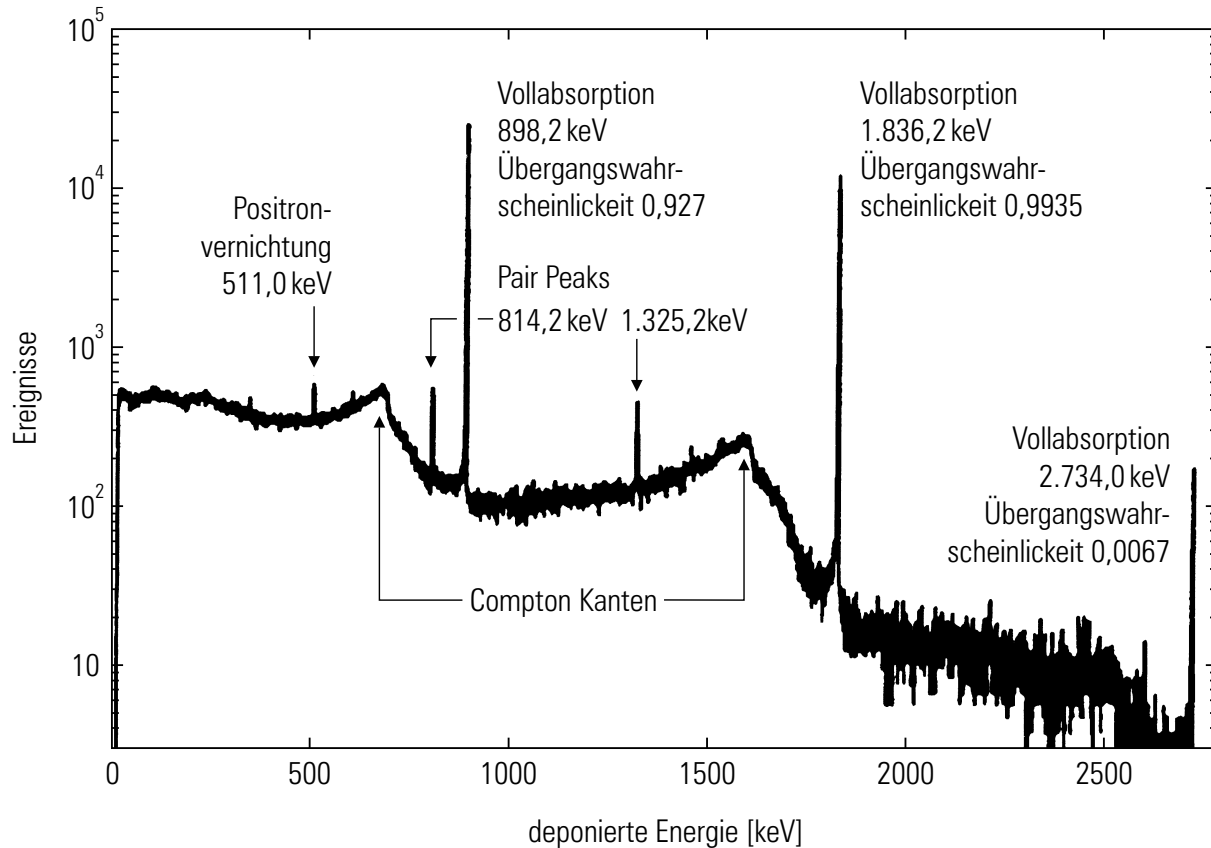


„Dieses Gerät ist so klein, weil es die kleinsten Atome messen soll!“

© by Claus Grupen



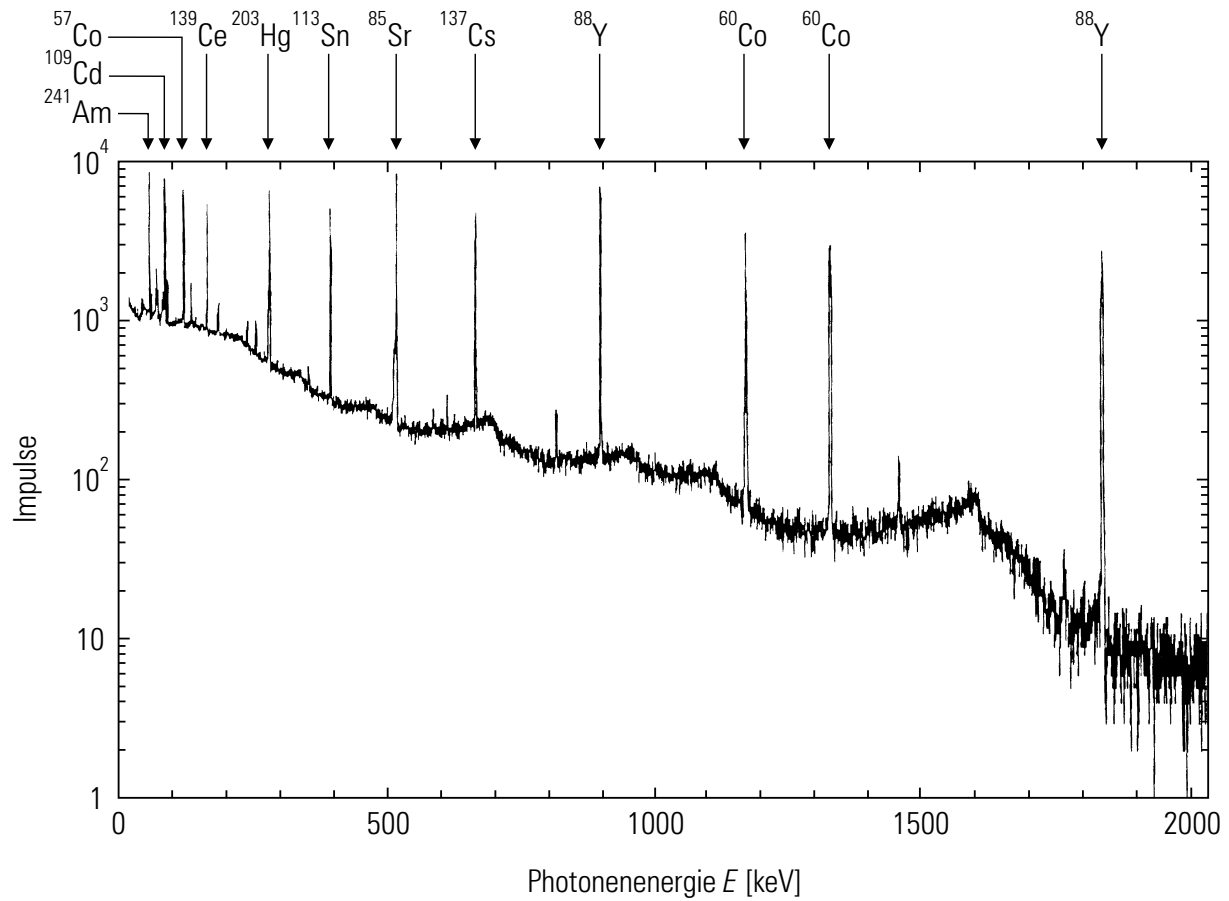
Messung der statistischen Zählratenschwankung und Anpassung durch eine Normalverteilung („Gaußkurve“)



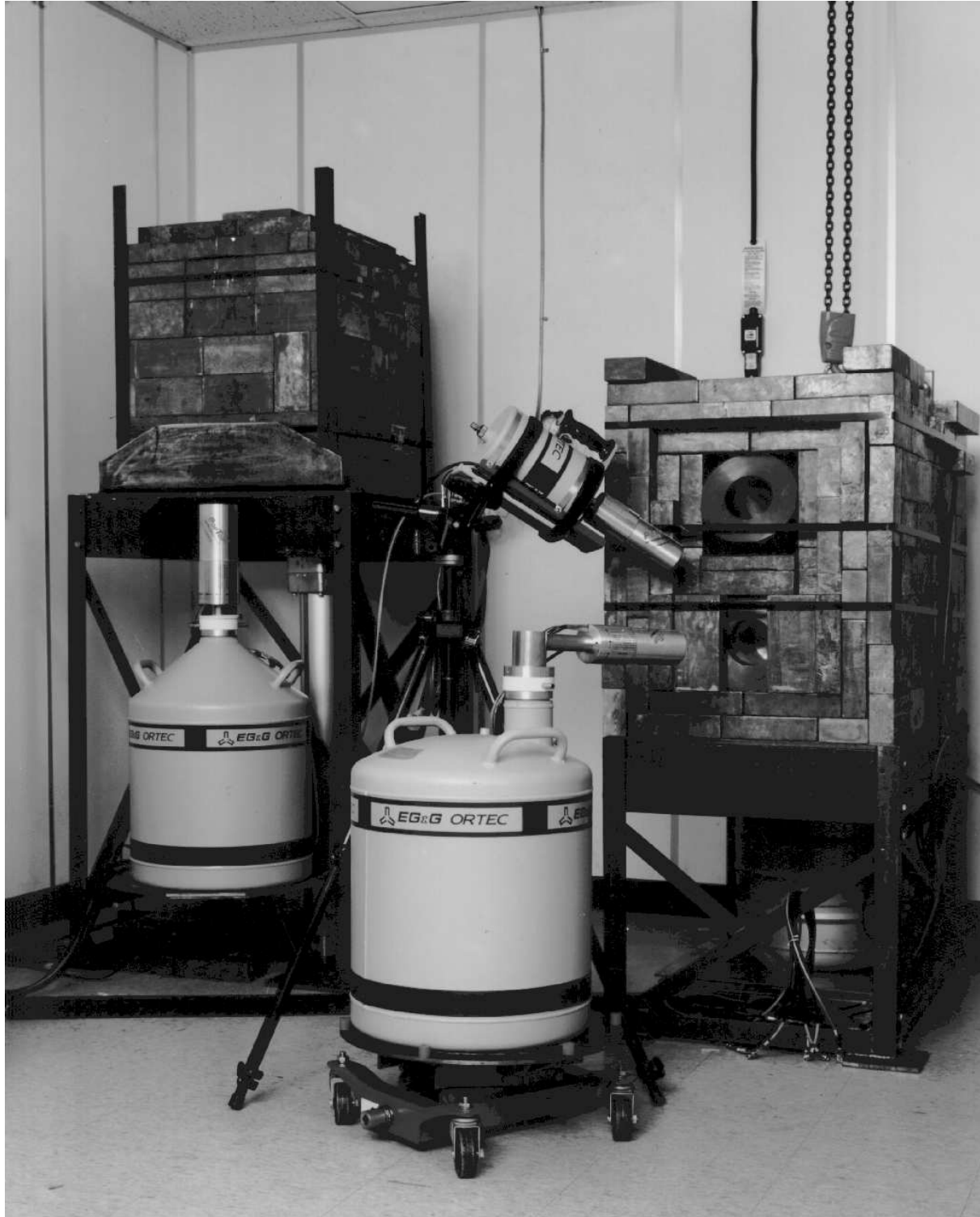
Gamma-Spektrum von ^{88}Y aufgenommen mit einem Reinst-Germanium-Detektor. ^{88}Y zerfällt durch Positronenemission oder Elektroneneinfang (EC, electron capture) in einen angeregten Zustand von ^{88}Sr . Der angeregte ^{88}Sr -Kern geht durch einen Kaskadenzerfall (898 keV und 1836 keV) oder mit geringerer Wahrscheinlichkeit direkt (2734 keV) in den Grundzustand über.



Ionenimplantierte Silizium-Detektoren, PIPS (Passivated Implanted Planar Silicon Detectors), zur Messung von α -Teilchen (CANBERRA EURISYS GmbH)



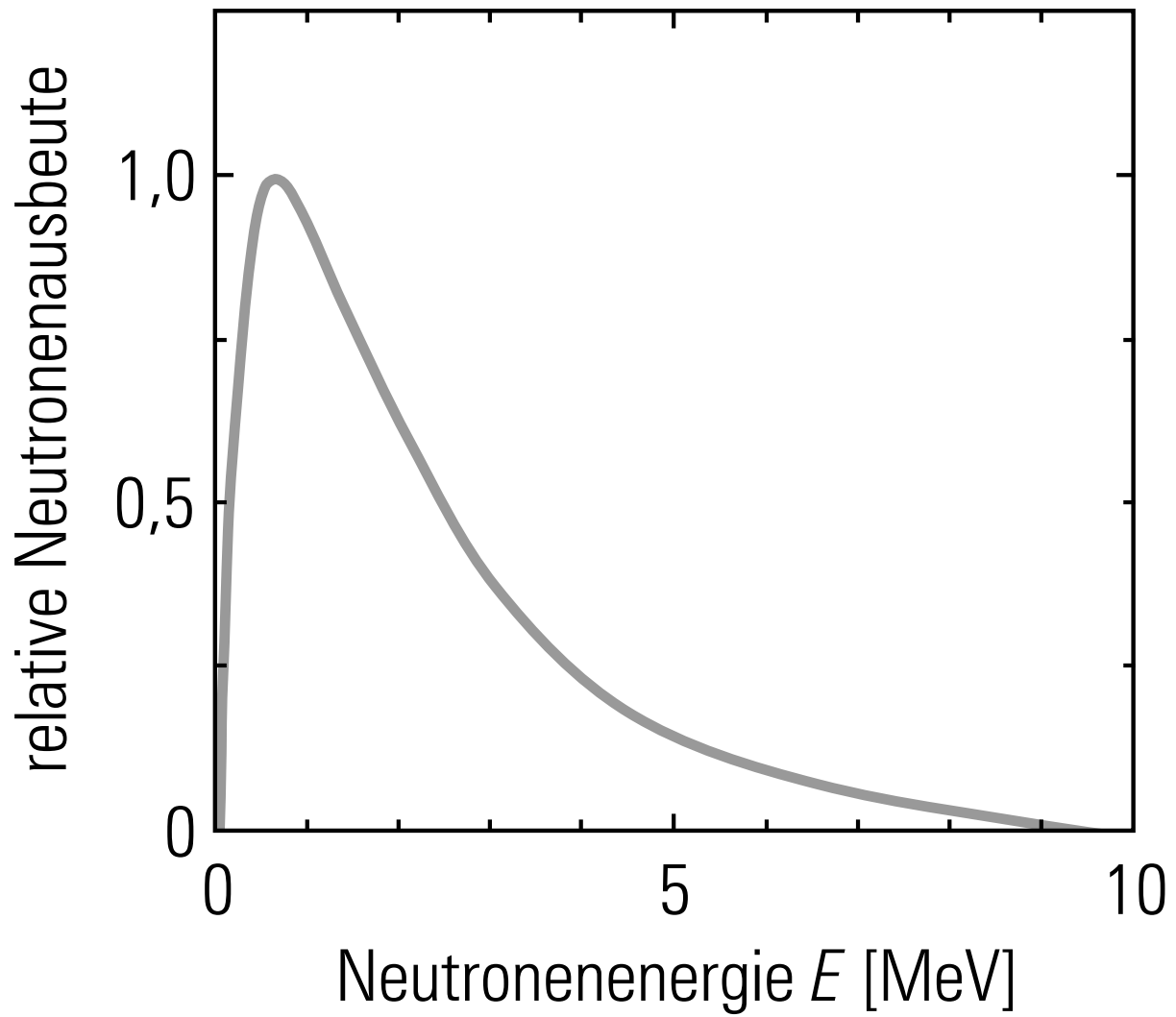
Photopeak-Identifizierung in einem Radionuklidgemisch an Hand eines Impulshöhenspektrums aufgenommen mit einem Reinst-Germanium-Detektor



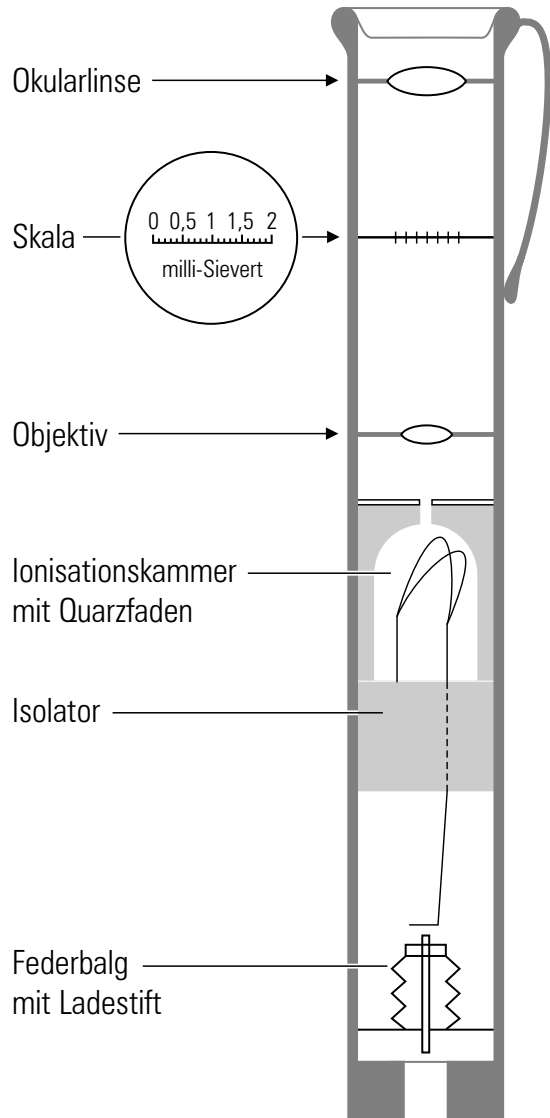
Reinst-Germanium-Zähler zur Messung von γ -Strahlung. Detektoren in unterschiedlichen Kryostatkonfigurationen und Abschirmungen (EG&G GmbH)



Neutronendosisleistungs-Messgerät mit Polyethylen-Moderator;
Zählgas: $^3\text{Helium}$ /Methan; Anzeige in $\mu\text{Sv/h}$ (Modell LB 6410;
Berthold Technologies)



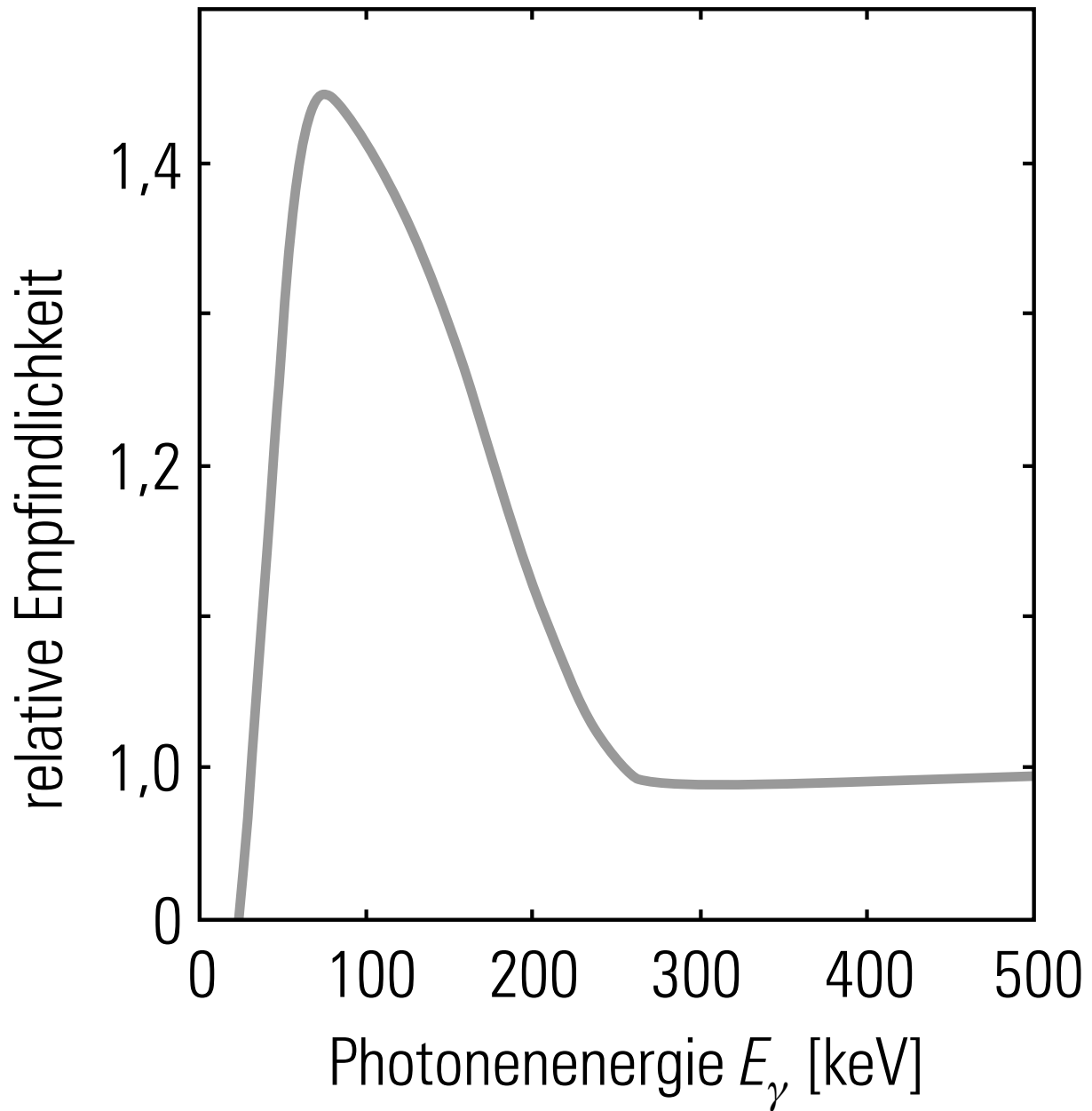
Energiespektrum von Spaltneutronen aus der ^{235}U -Spaltung durch thermische Neutronen



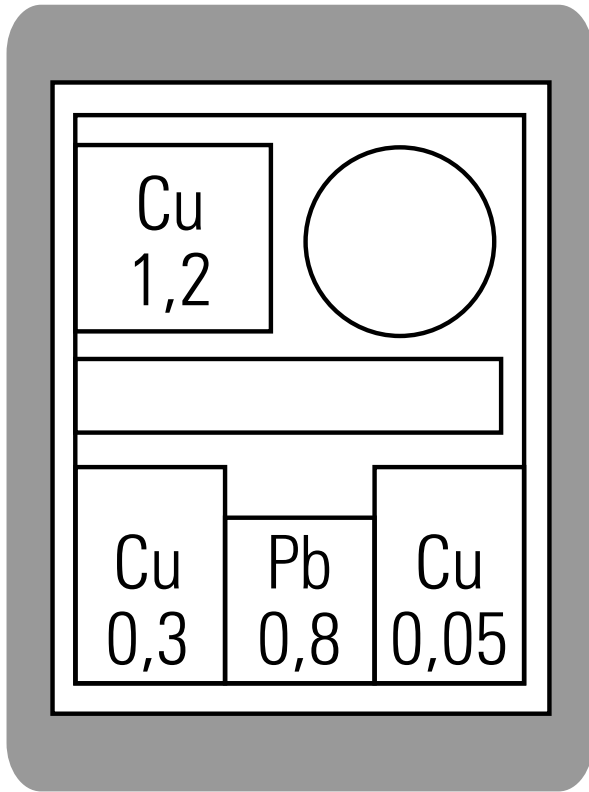
Füllhalterdosimeter



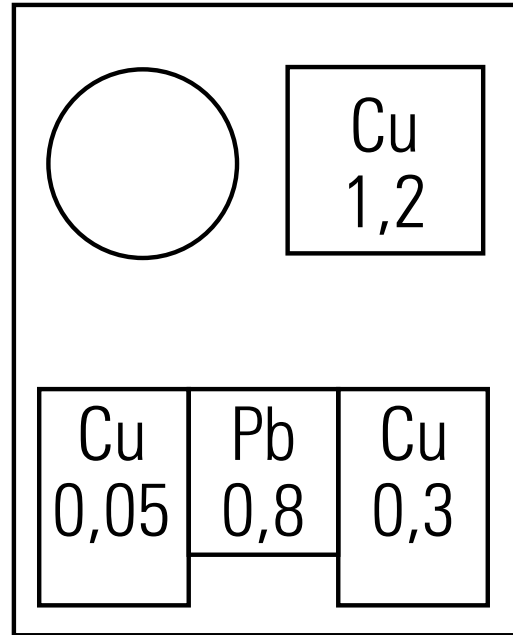
Füllhalterdosimeter mit Ladegerät, Empfindlichkeit je nach Typ von 18 keV bis 3 MeV; Anzeigebereiche 1 mSv bis 2 Sv (SEQ5 und SEQ6R, automess)



Relative Empfindlichkeit eines Füllhalterdosimeters in Abhängigkeit von der Photonenenergie



Vorderseite



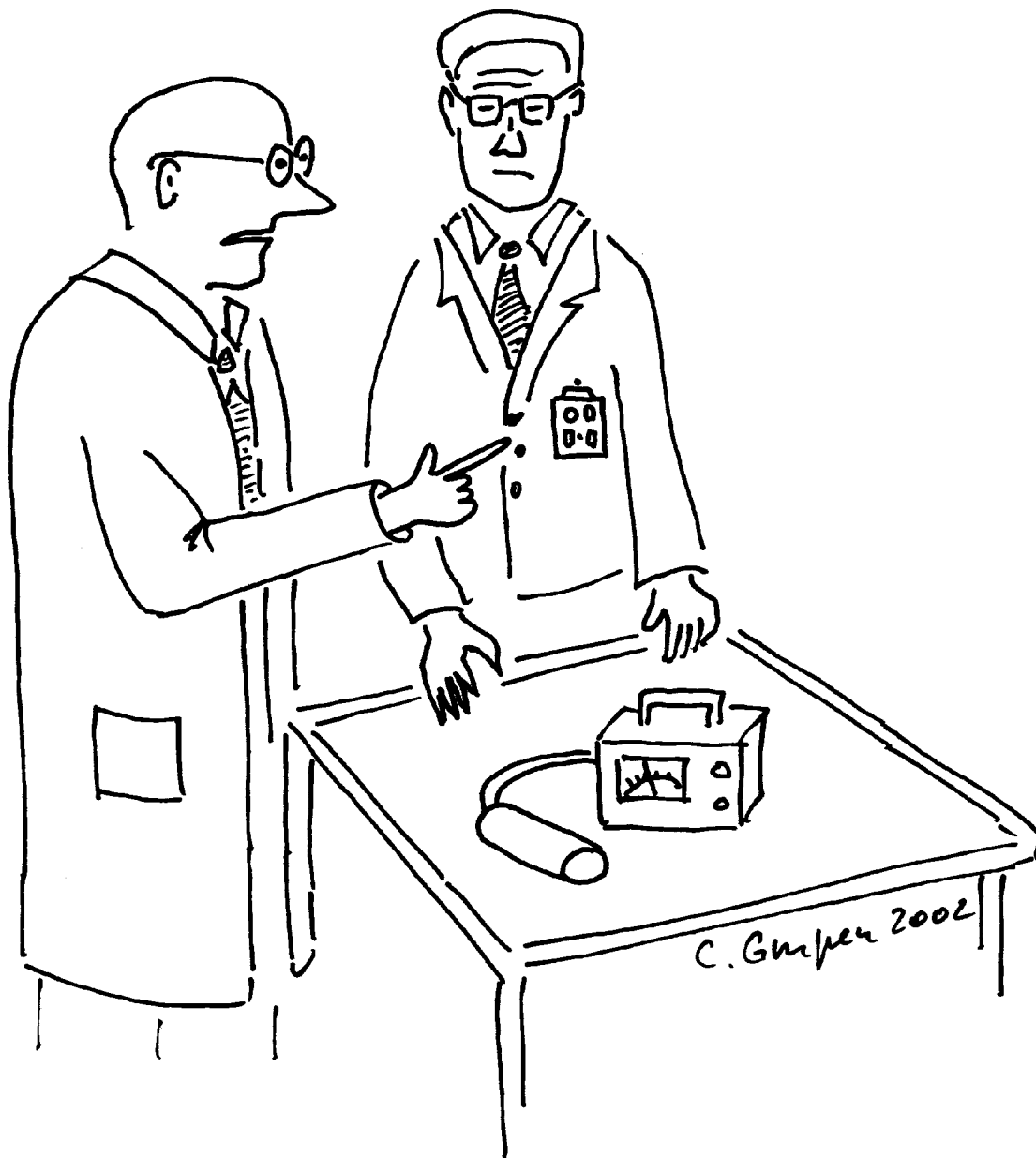
Rückseite

(Dicke der Filter in mm)

Filmdosimeter



Filmdosimeter mit Dosismessfilmen in einer Multifilmkassette für den Nachweis von Röntgen-, γ - und β -Strahlung. Die Energie-Nachweisgrenzen für Röntgen- und γ -Strahlung sind 5 keV–9 MeV, für β -Strahlung > 300 keV (GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH)



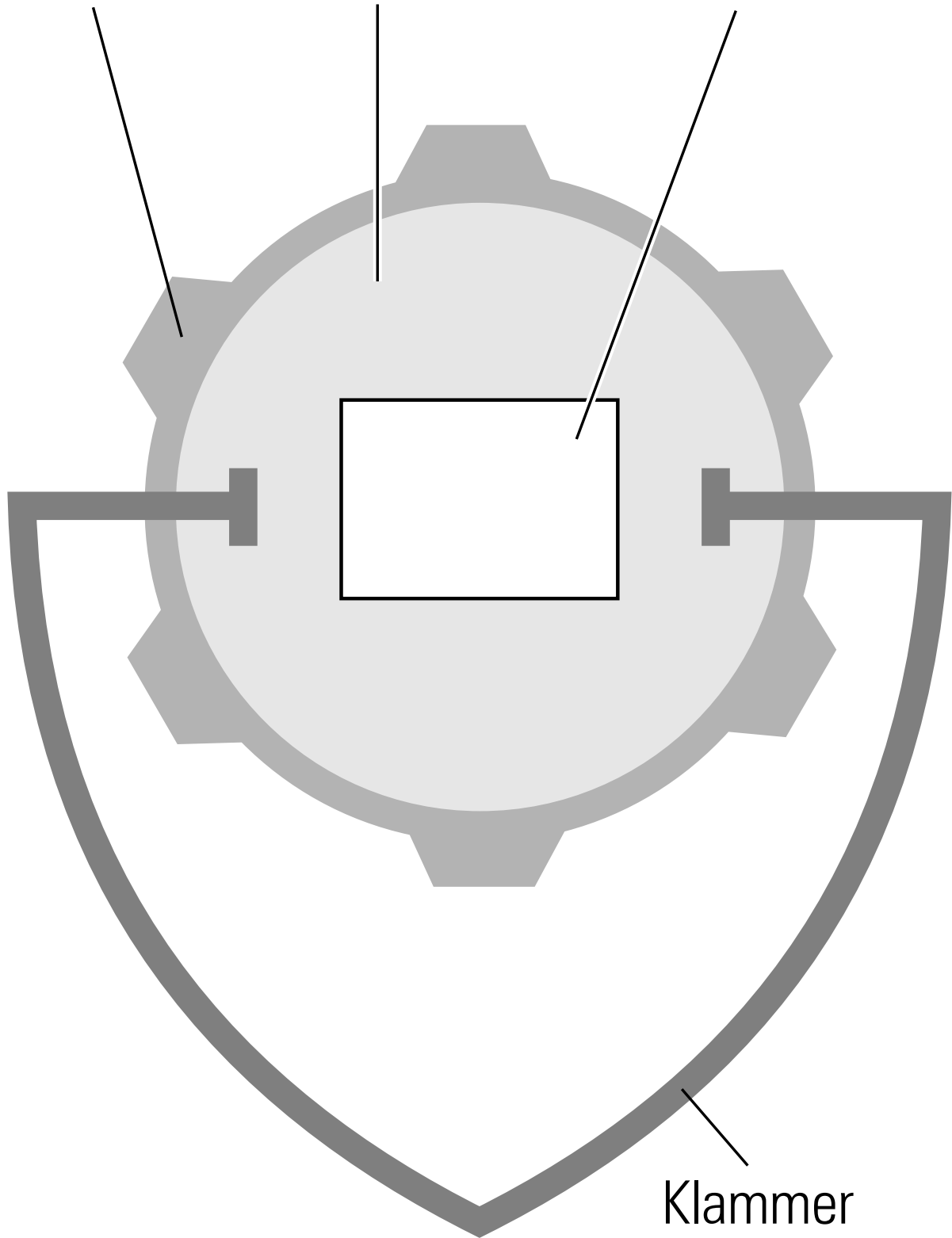
„Und diese kleinen Strahlungsplaketten sollen effektiv vor Strahlung schützen?“

© by Claus Gruppen

γ -Filter
(Zinn)

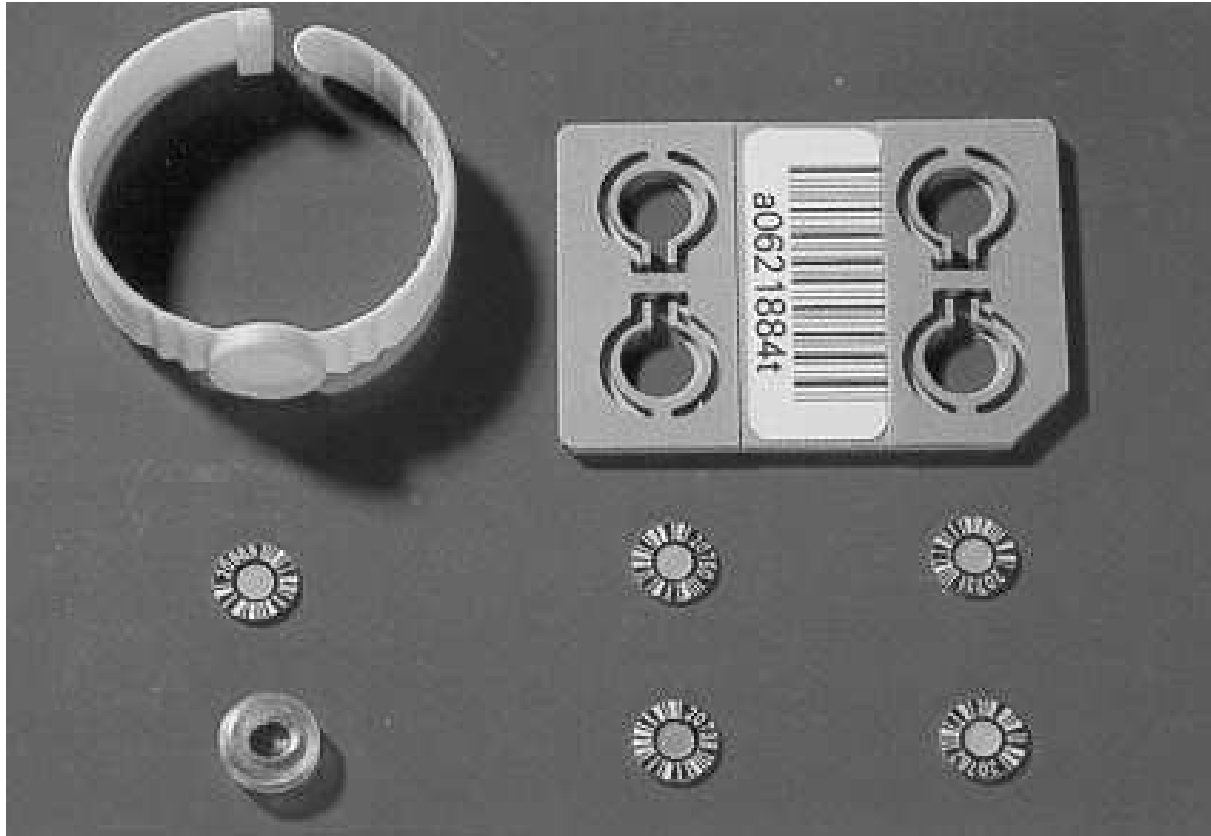
Neutronen-
filter

Strahlen-
detektor

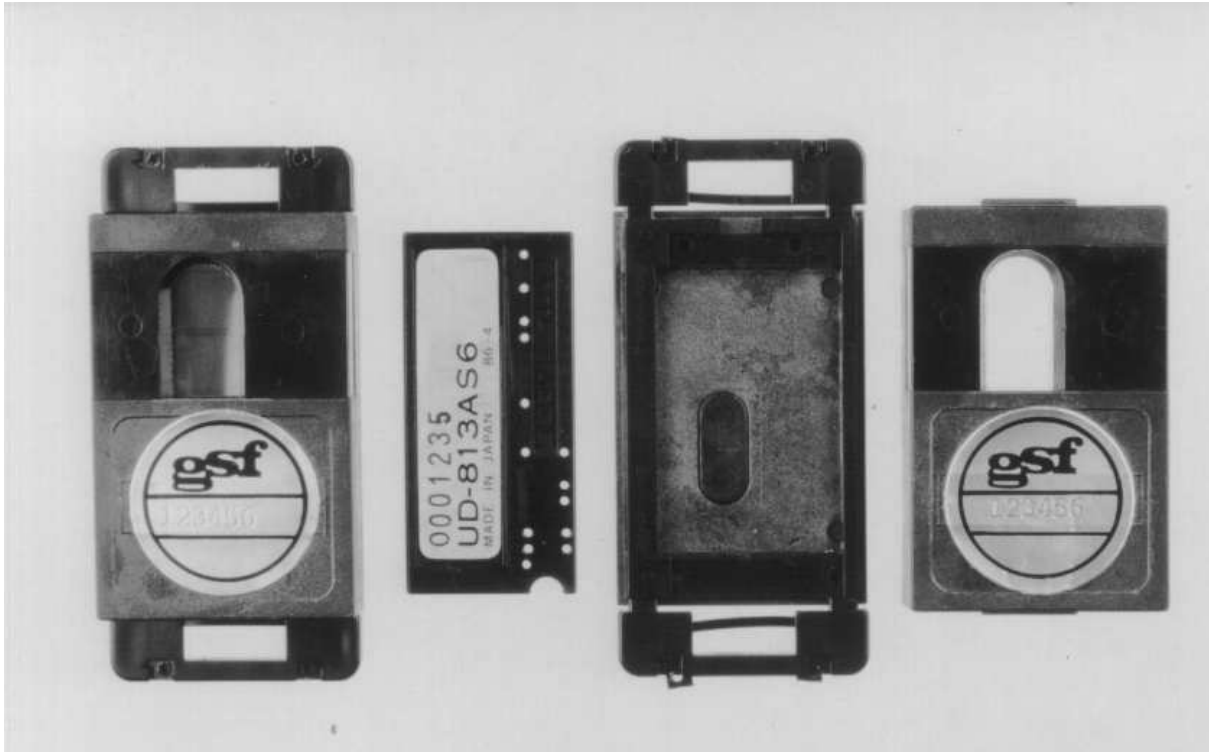


Klammer

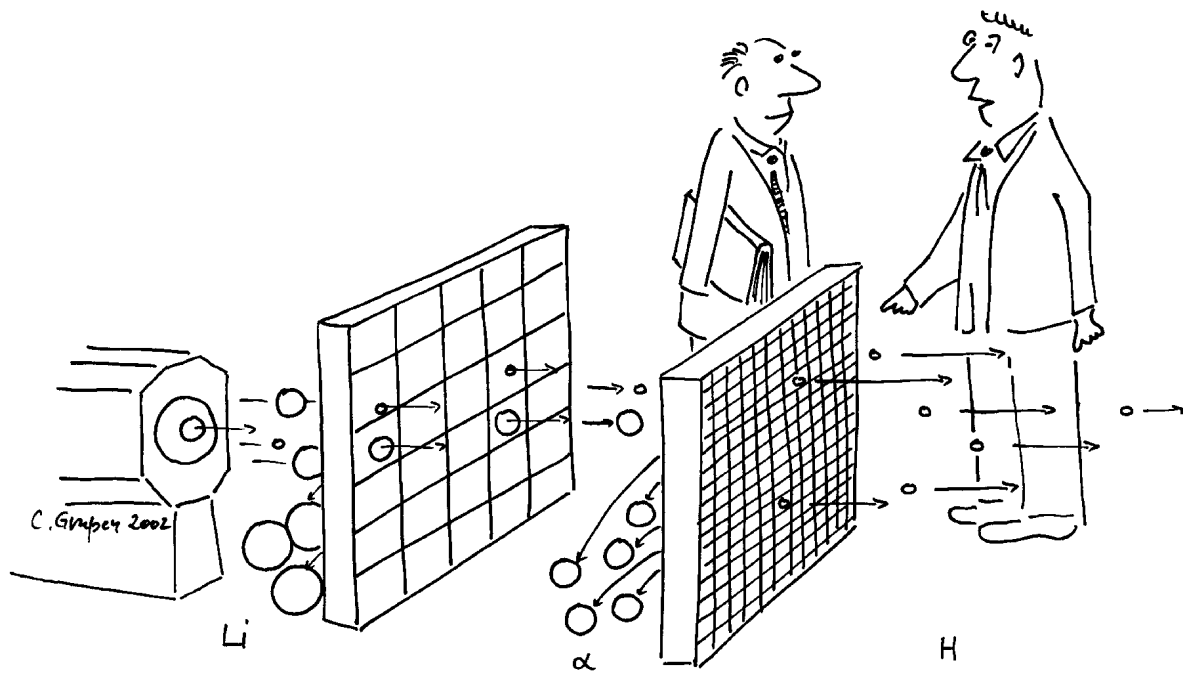
Phosphatglas-Kugel-Dosimeter



Metallfingerringdosimeter mit Thermolumineszenzdetektor (LiF: Mg, Ti) für Röntgen- und energiereiche Strahlung. Das Dosimeter besteht aus einstellbarem Ringträger, Lumineszenz-Chip und Verschluss, linke Bildhälfte (HARSHAW TLD, Thermo Eberline Trading GmbH)

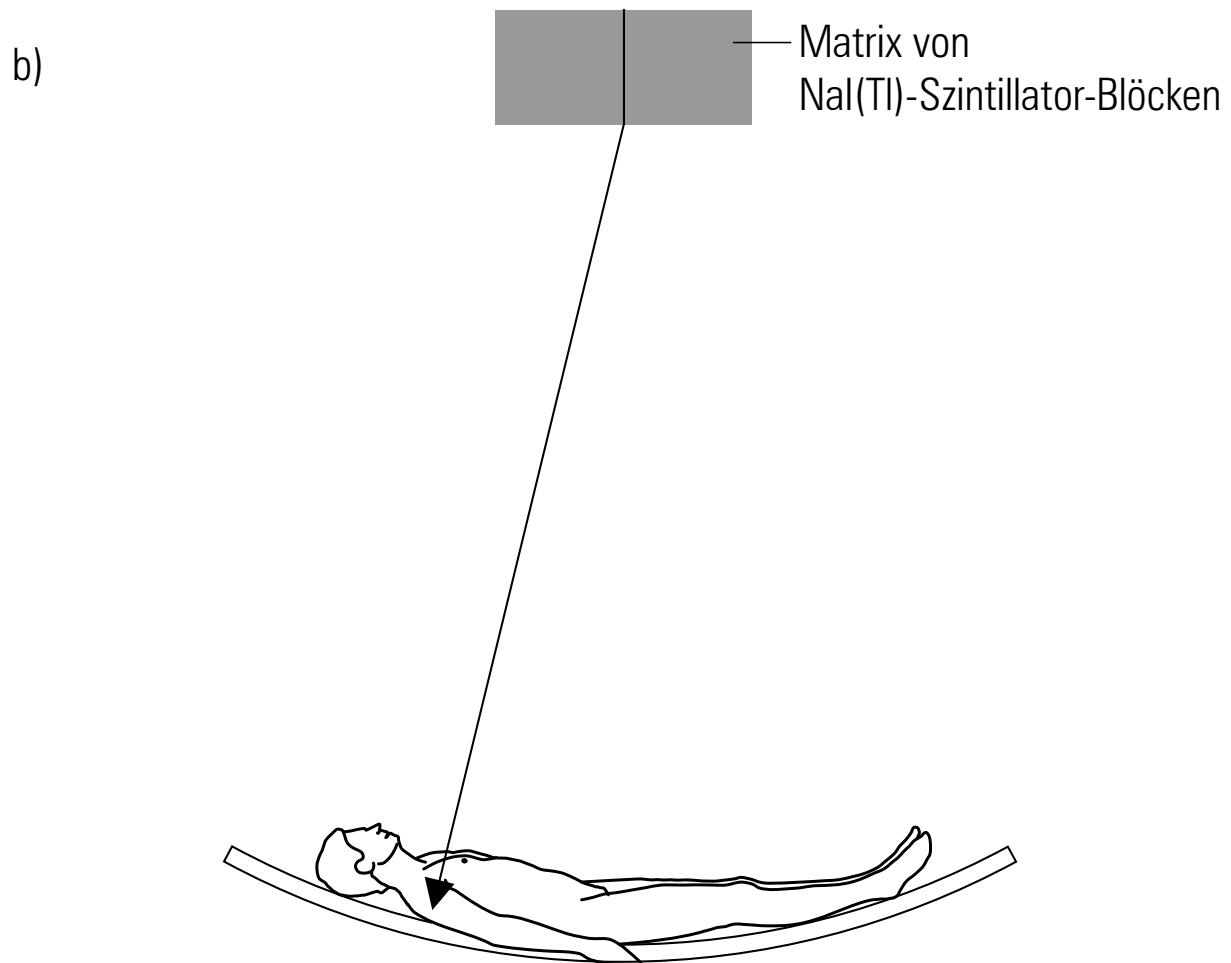
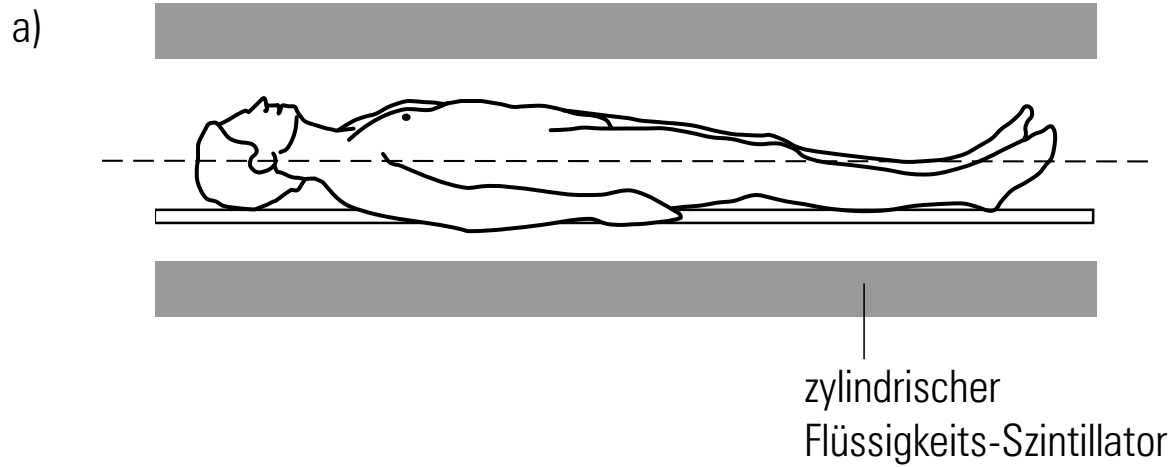


Albedo-Neutronendosimeter mit Thermolumineszenz-Mehrelementdetektor zum Nachweis von Röntgen- und γ -Strahlen sowie thermischen und epithermischen Neutronen; Messbereich 0,1 mSv bis 2 Sv (GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH)



„Unser neuer Isotopenseparator!“

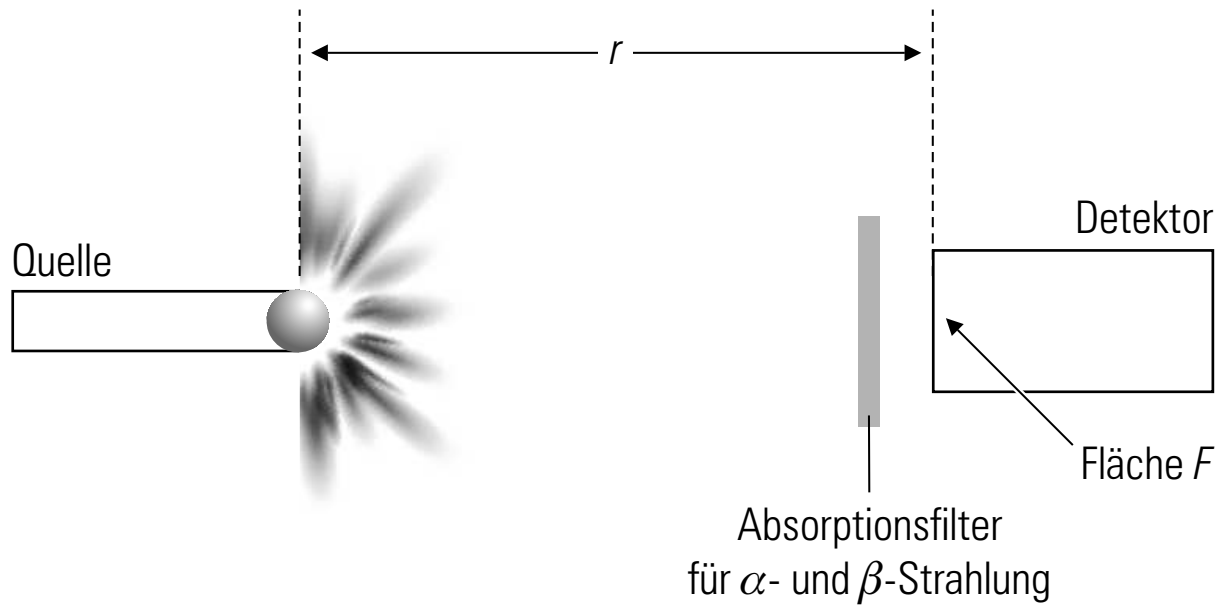
© by Claus Grupen



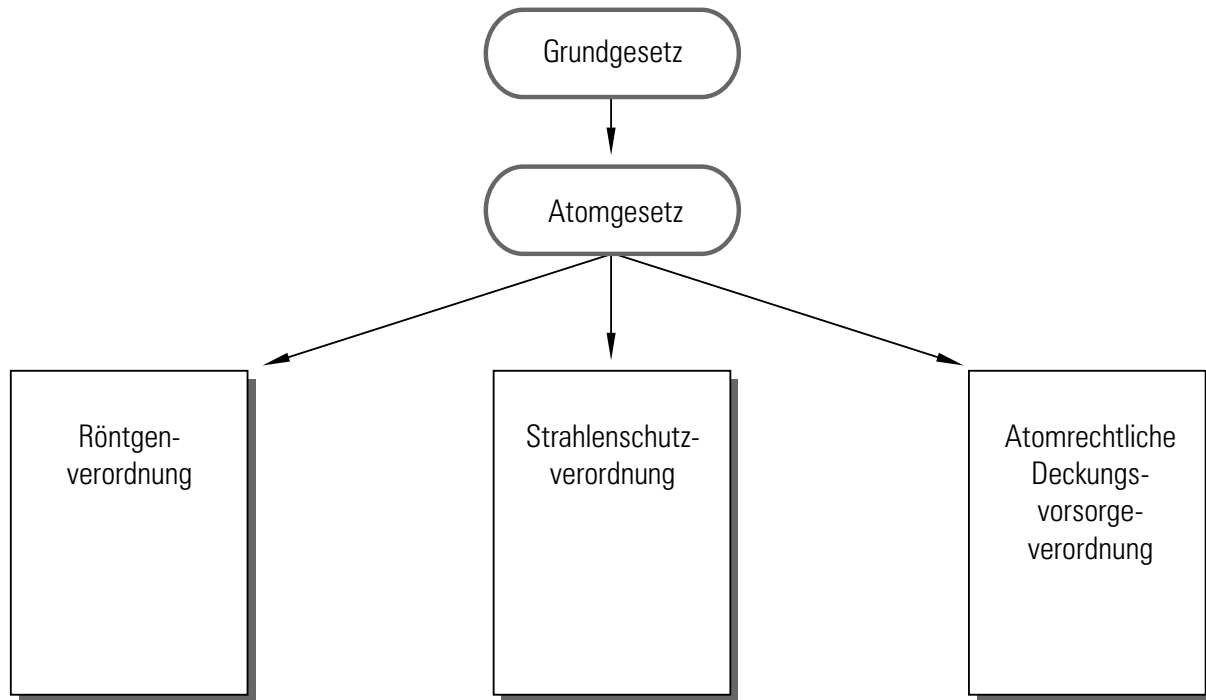
Prinzipieller Aufbau von Ganzkörperzählern zur Messung von Inkorporationen: (a) 4π -Geometrie, (b) Bogengeometrie



Ganzkörperzähler mit NaI(Tl)-Detektoren (www.strz.uni-giessen.de/gkz.htm)



Anordnung zur Absolutmessung des Ansprechvermögens von γ -Strahlung in einem Geiger-Müller-Zählrohr und einem Szintillationszähler

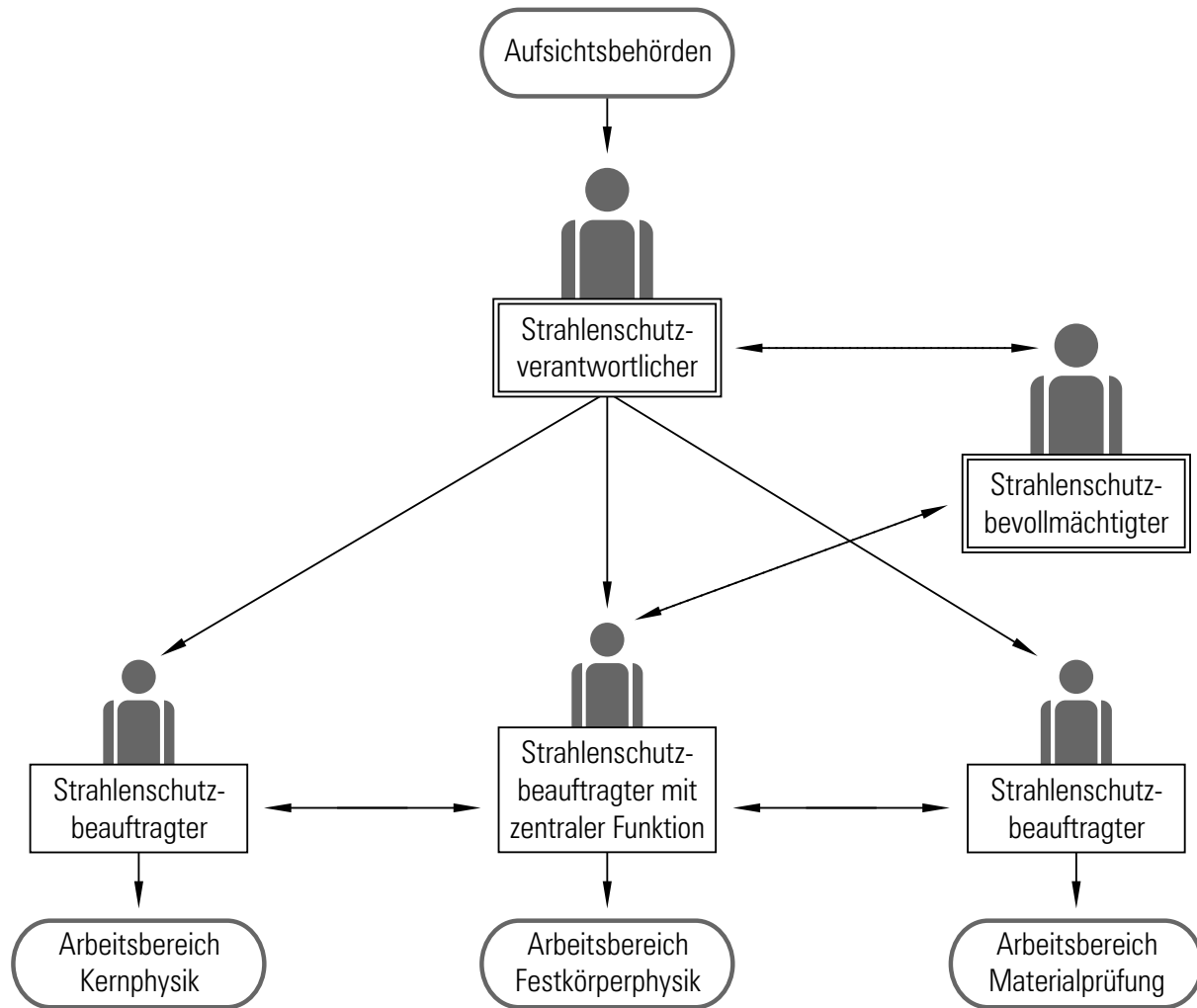


Überblick über die Struktur der relevanten Gesetze und Verordnungen



„Eigentlich ist es schön zum ‚Beauftragten‘ ernannt zu werden, ohne zugleich ‚Verantwortlicher‘ zu sein!“

© by Claus Gruppen



Organisation und Zuständigkeiten im Strahlenschutz am Beispiel eines Physik-Instituts

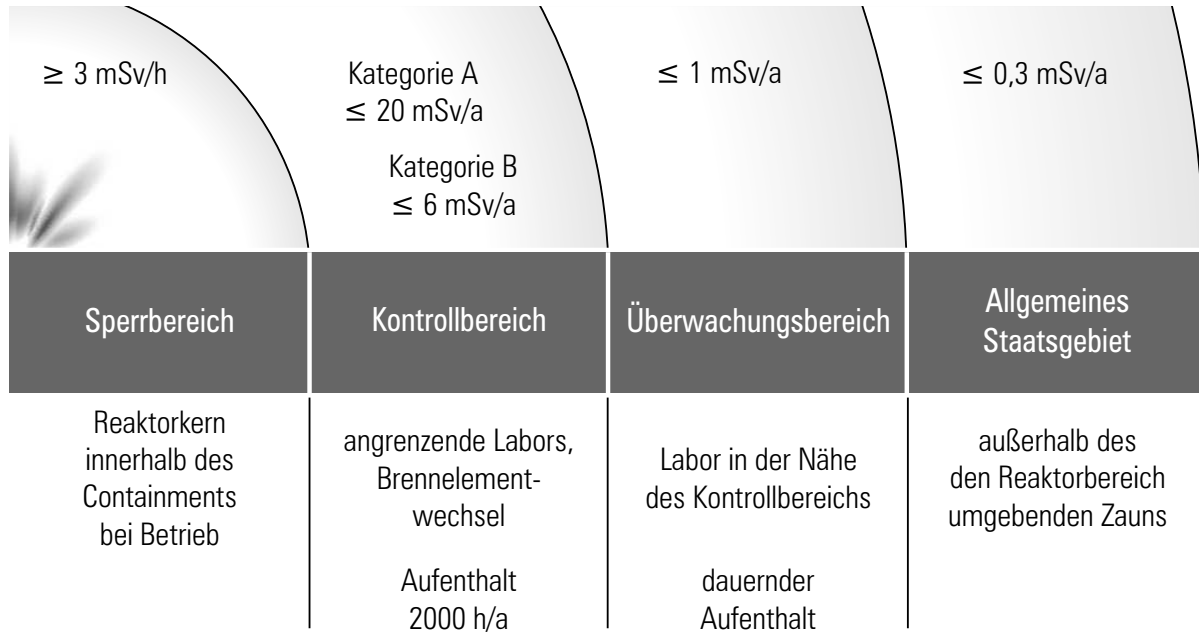
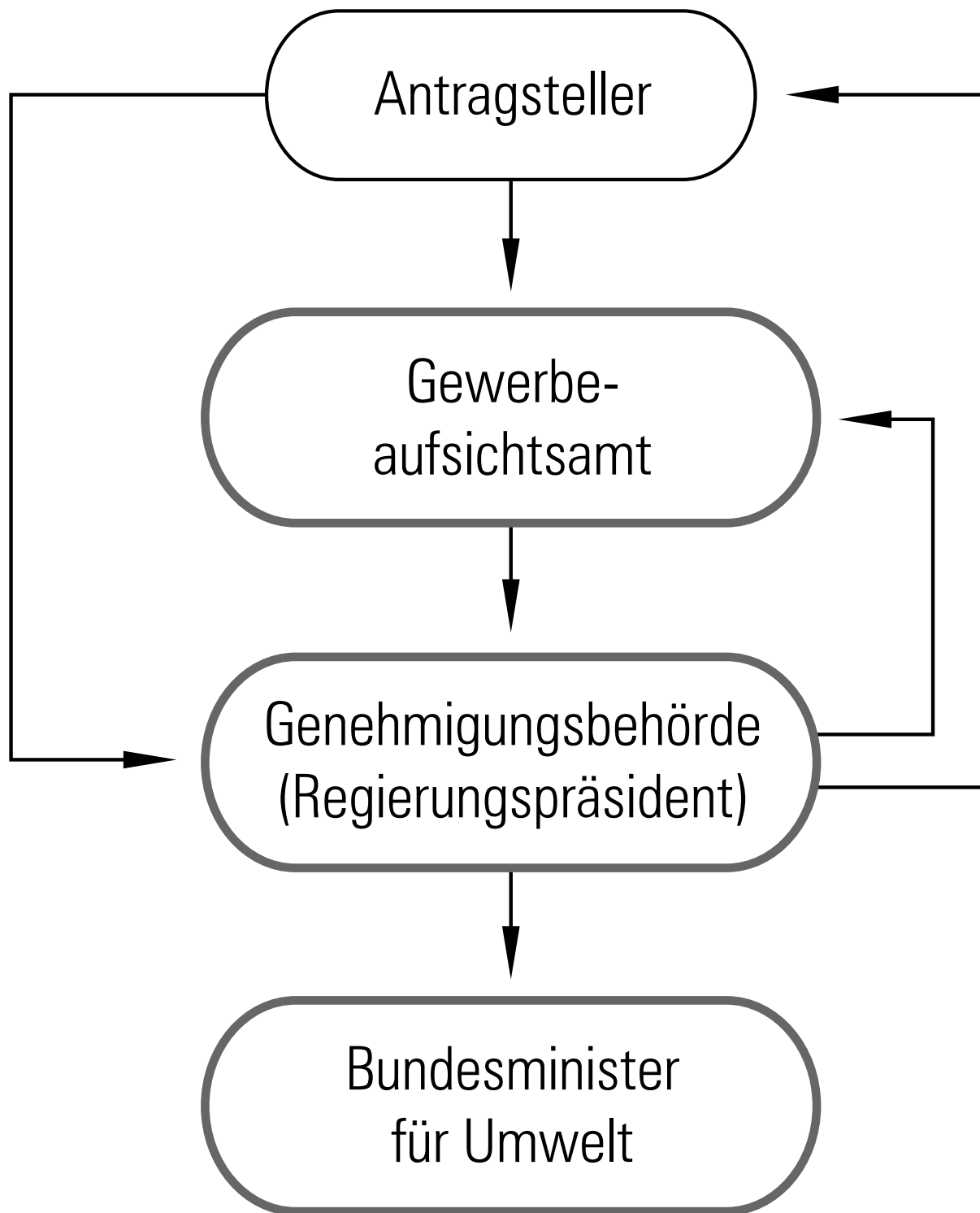
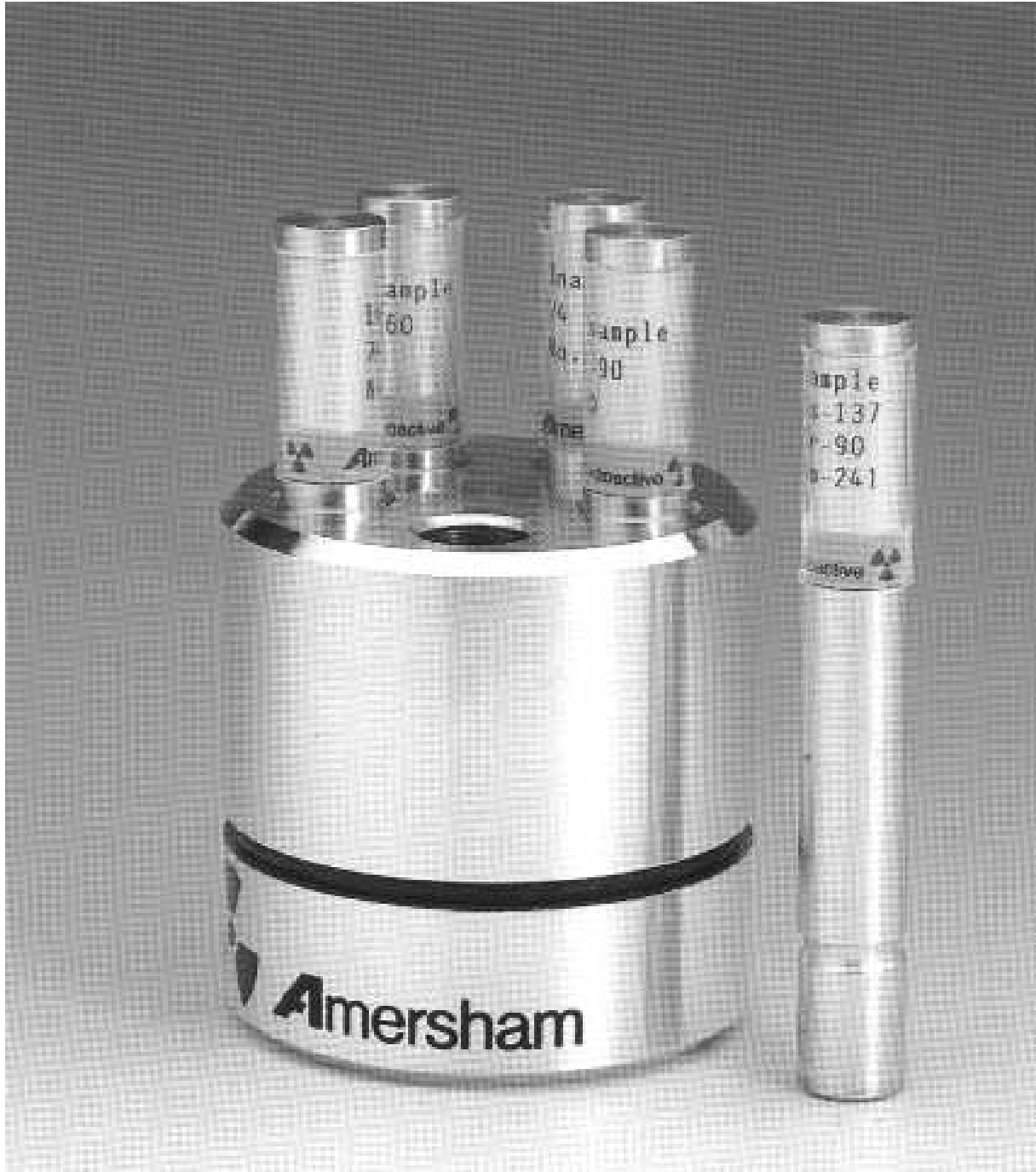


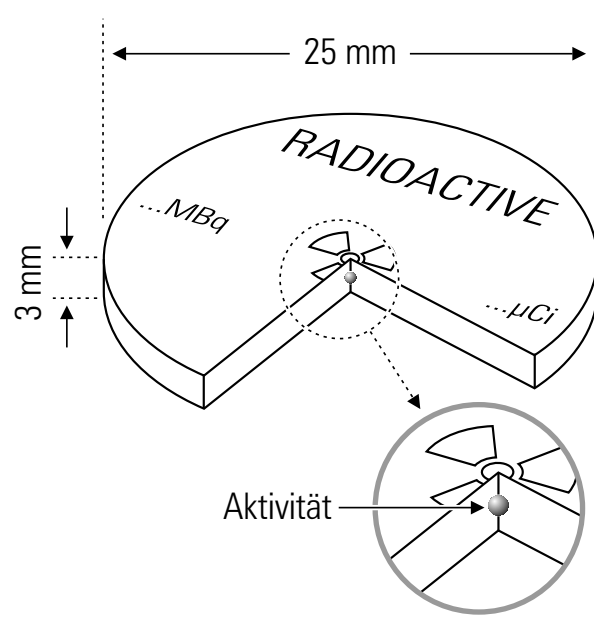
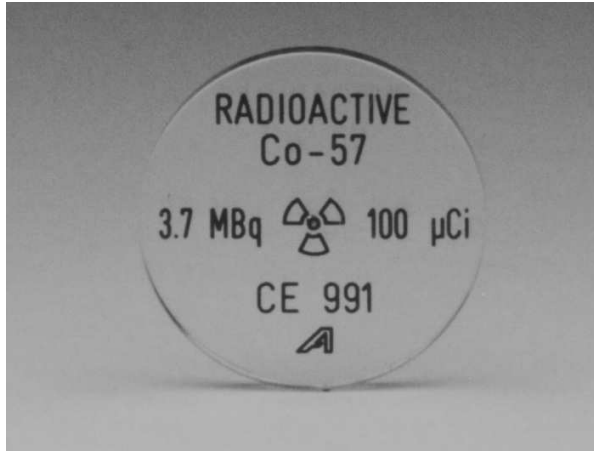
Illustration der Strahlenschutzbereiche nach der neuen Strahlenschutzverordnung am Beispiel eines Kernkraftwerkes



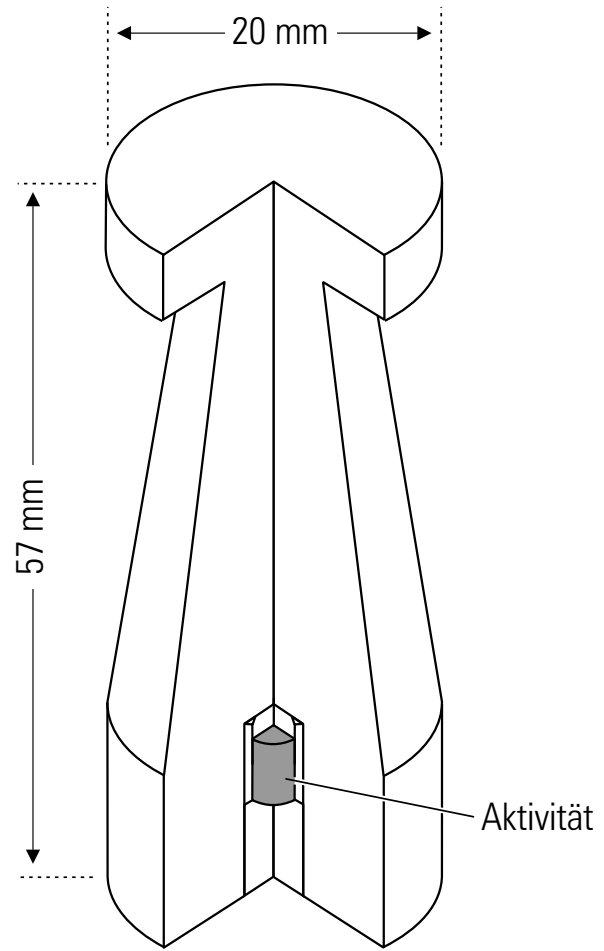
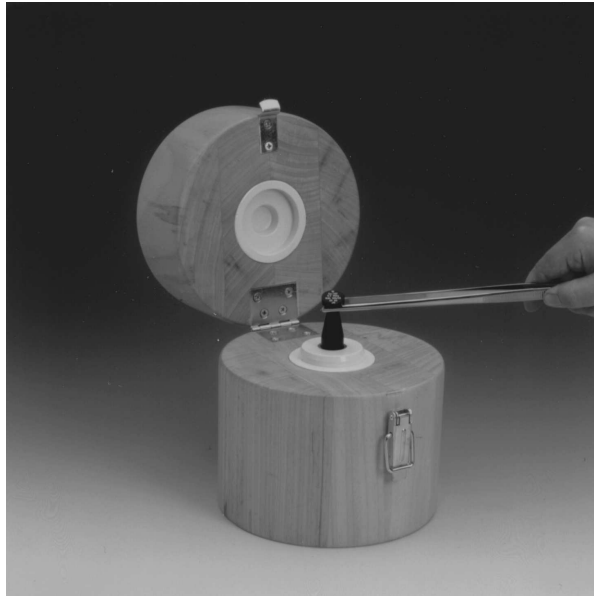
Vereinfachter Verlauf eines atomrechtlichen Genehmigungsverfahrens



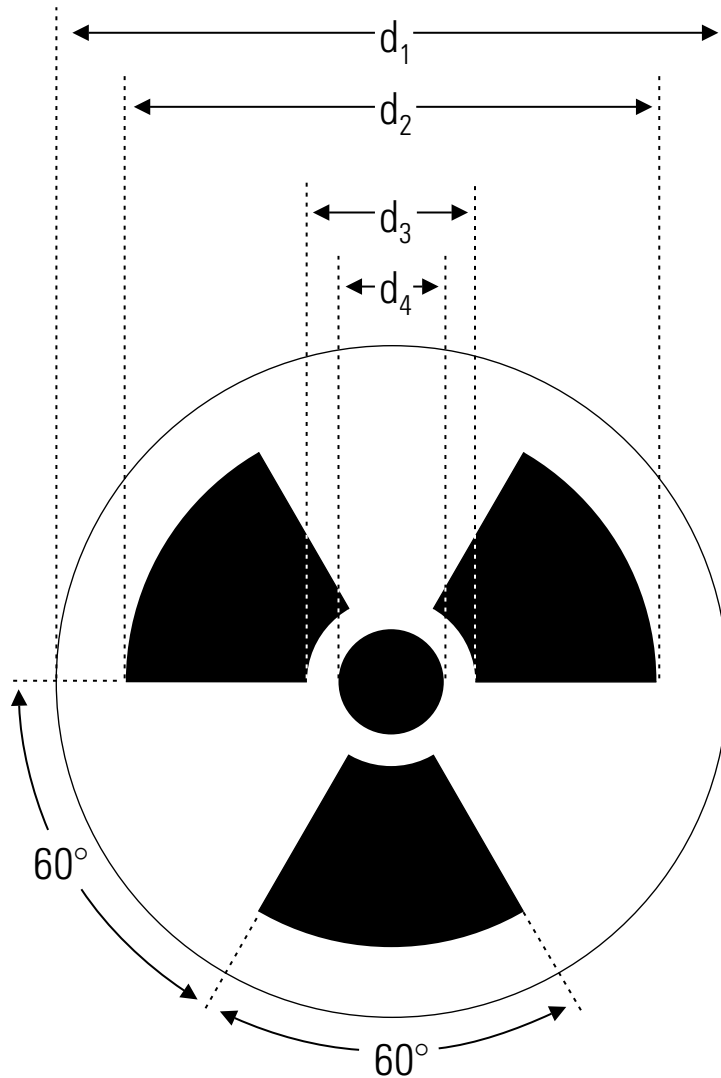
Bauartgeprüfte radioaktive Strahler für Demonstrationsversuche
(AEA Technology QSA GmbH)



Punktmarkierungsstrahler, hier 3,7 MBq ^{57}Co , zum Einsatz in der Radiographie (Typ 25/3, AEA Technology QSA GmbH)



^{137}Cs -Prüfstrahler zur Funktionskontrolle von Aktivitätsmessgeräten (Typ CDRB 1548; 3,7 MBq; AEA Technology QSA GmbH)



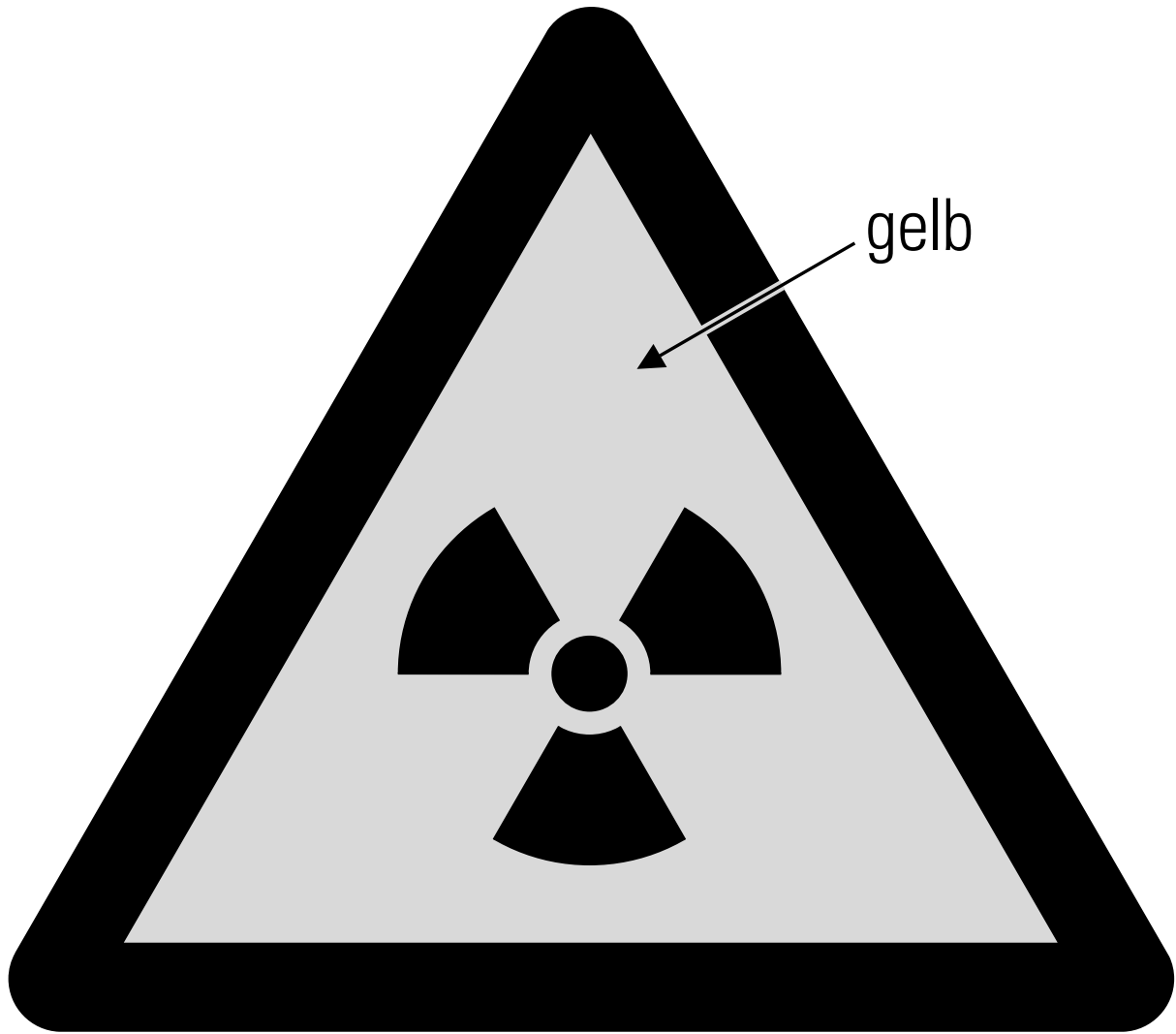
$$d_1 = 80 \text{ mm}$$

$$d_3 = 20 \text{ mm}$$

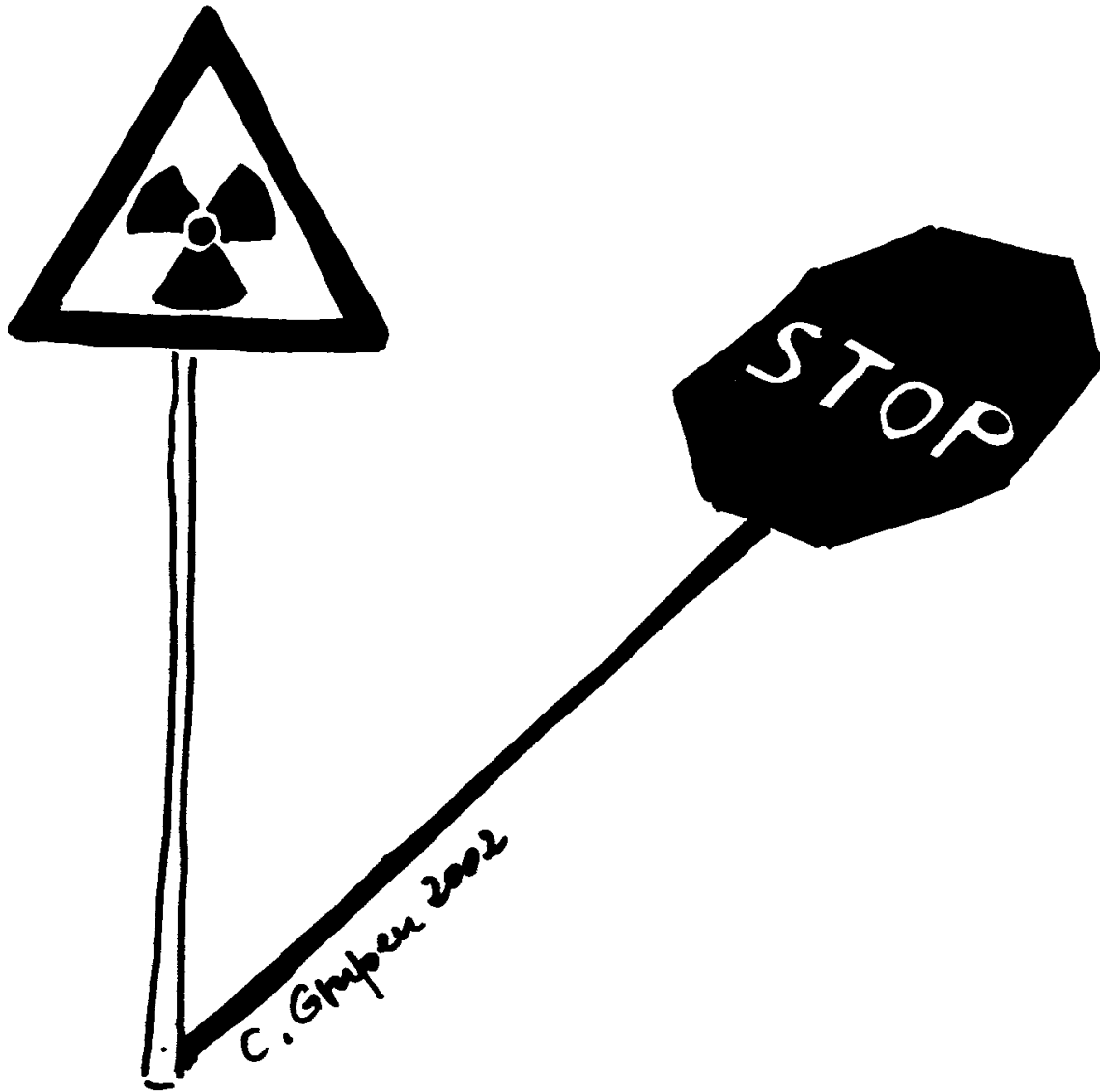
$$d_2 = 63 \text{ mm}$$

$$d_4 = 12,5 \text{ mm}$$

Vorschriftsmäßiges Strahlenwarnzeichen (Flügelrad). Für verschiedene Größen können die Abmessungen an Hand der zulässigen Werte für d_1 (20, 40, 80, 160, 250 mm) skaliert werden. Die schwarzen Bereiche werden auf gelbem Grund abgebildet. Meist wird das Flügelrad auf gelbem Grund in einem schwarzen Dreieck, dessen Spitze nach oben zeigt, dargestellt (s. Bild)



Häufig verwendete Form des Strahlenwarnzeichens



© by Claus Grupen



Arbeitsplatzausrüstung: Strahlenschutz-Brustwehr mit Bleiglasfenster und Bleiburg mit Bleiglasfenster (JL Goslar GmbH)



Manipulator zur Handhabung radioaktiver Stoffe (Oxford Technologies)



Bleitresor zur Aufbewahrung radioaktiver Proben (JL Goslar GmbH)



Umgebungsüberwachung mit einem tragbaren Proportionalkammerdetektor; Messbereich 5 nSv/h bis > 1 Sv/h (VacuTec-Messtechnik GmbH)

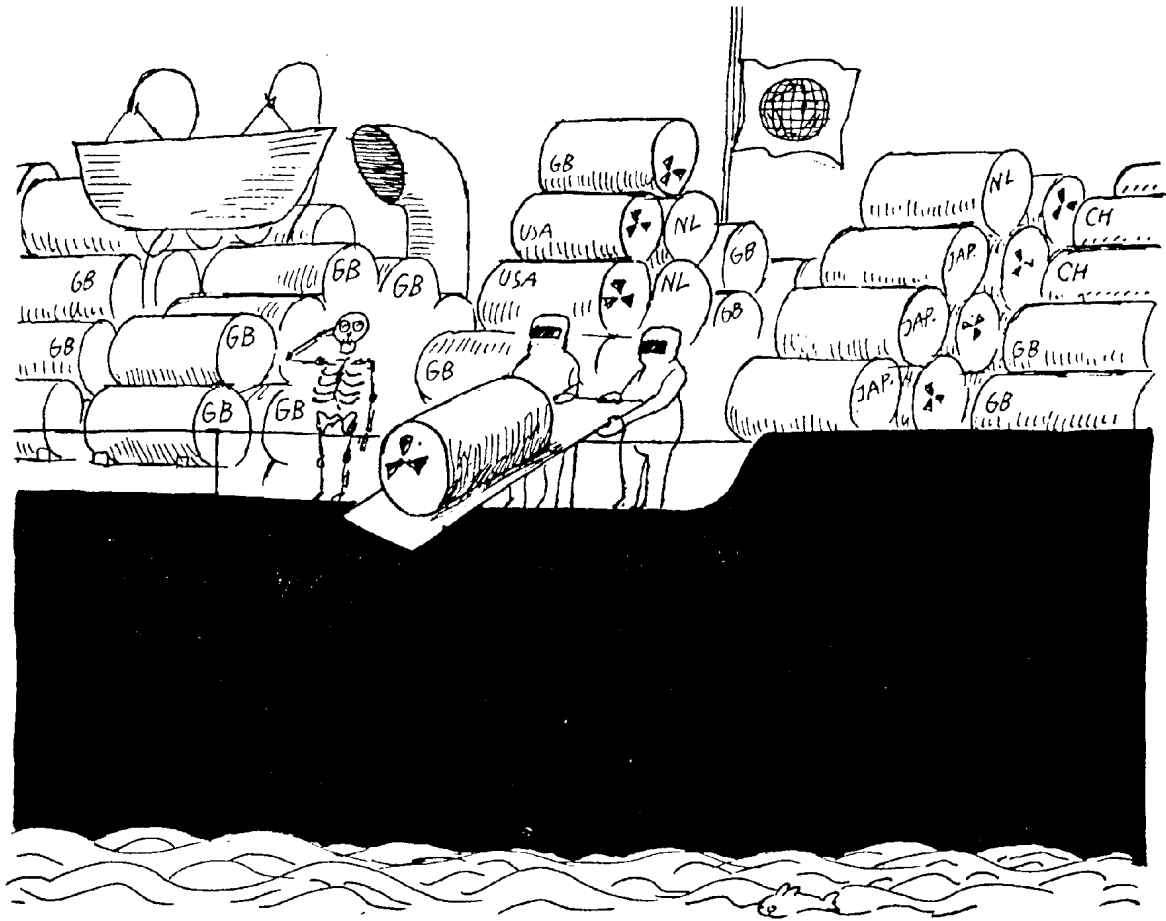


Freigabemonitor zur Ausmessung der spezifischen Aktivität von Werkzeugen und Maschinenteilen (Typ CCM Freigabemonitor FHT 3035, Thermo Eberline ESM)

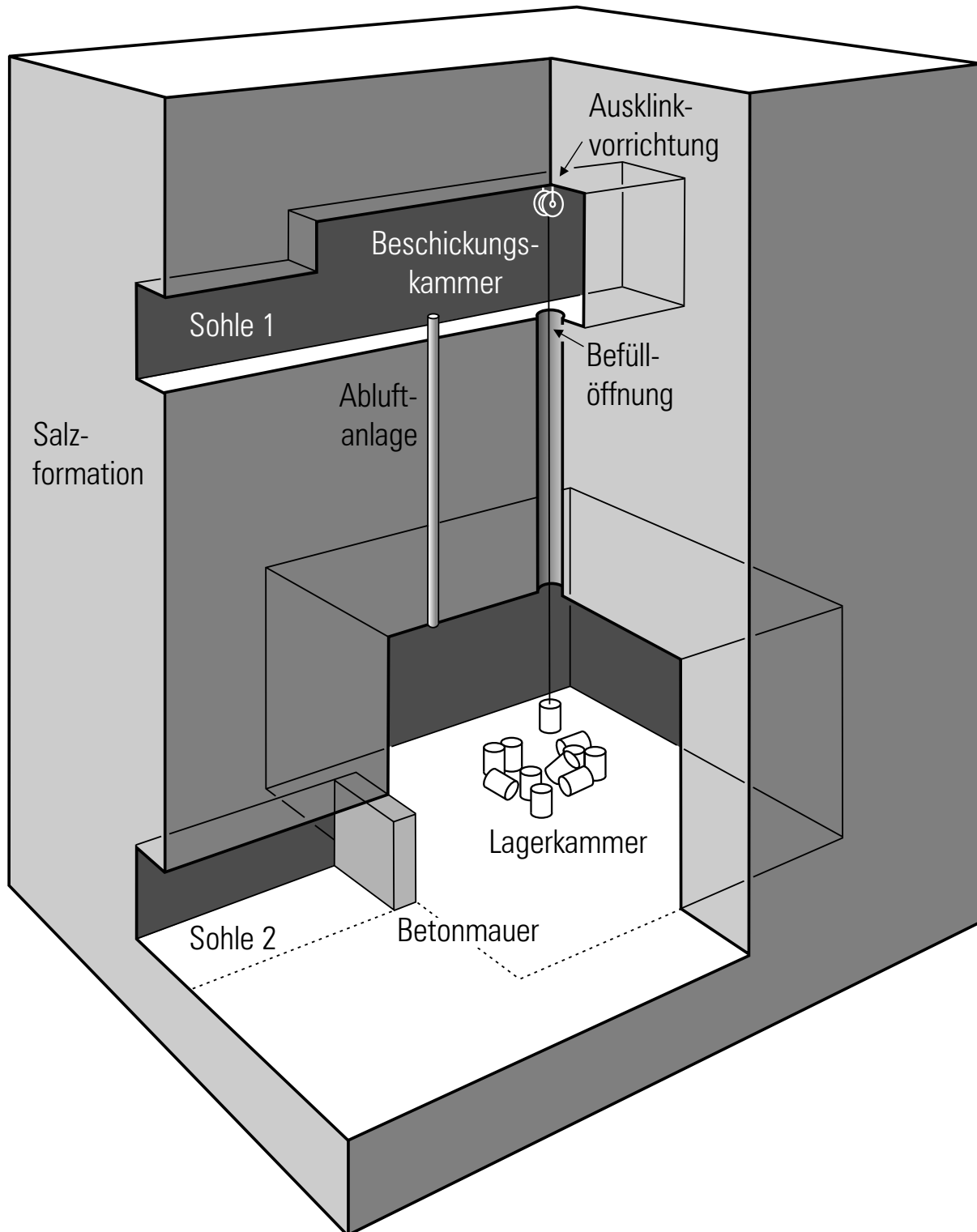


„The duck-pond could use some attention“

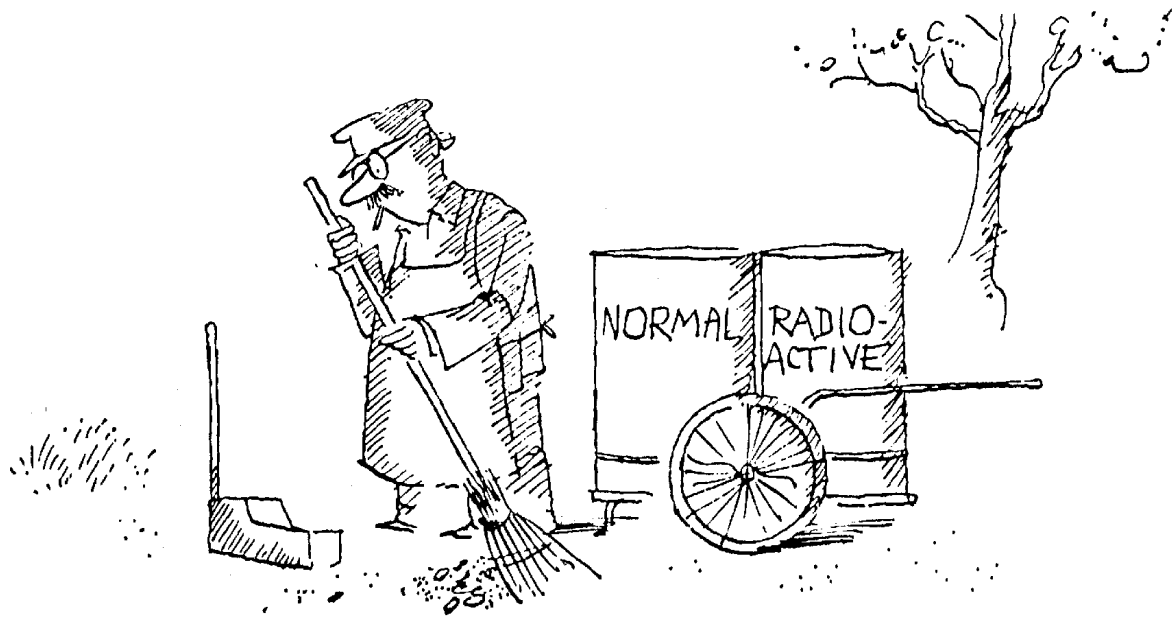
© by Nick Downes



© by Luis Murchetz



Darstellung der Endlagerungsmöglichkeit in einem Salzstock



© by Vladimir Rencin



Handschuhbox zum sicheren Arbeiten mit radioaktiven Stoffen
(Labconco Corporation)

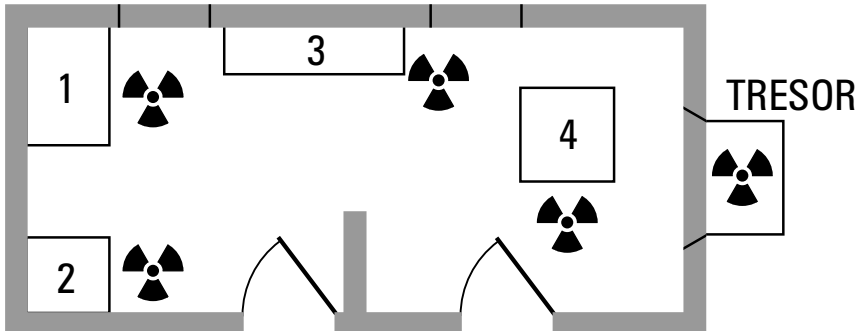
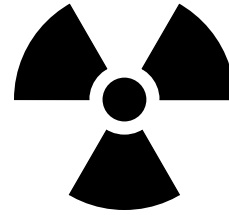


Ganzkörper-Kontaminationsmonitor zur Messung von α -, β - und γ -Kontaminationen mit einem System von Großflächenzählern (Typ RADOS RTM860TS, RADOS TECHNOLOGY GmbH)



Hand-Fuß-Monitor zur Messung von β - oder α - und β -Strahlen mit Großflächenzählern (Modell LB 145, EG&G Berthold)

VORSICHT RADIOAKTIVITÄT



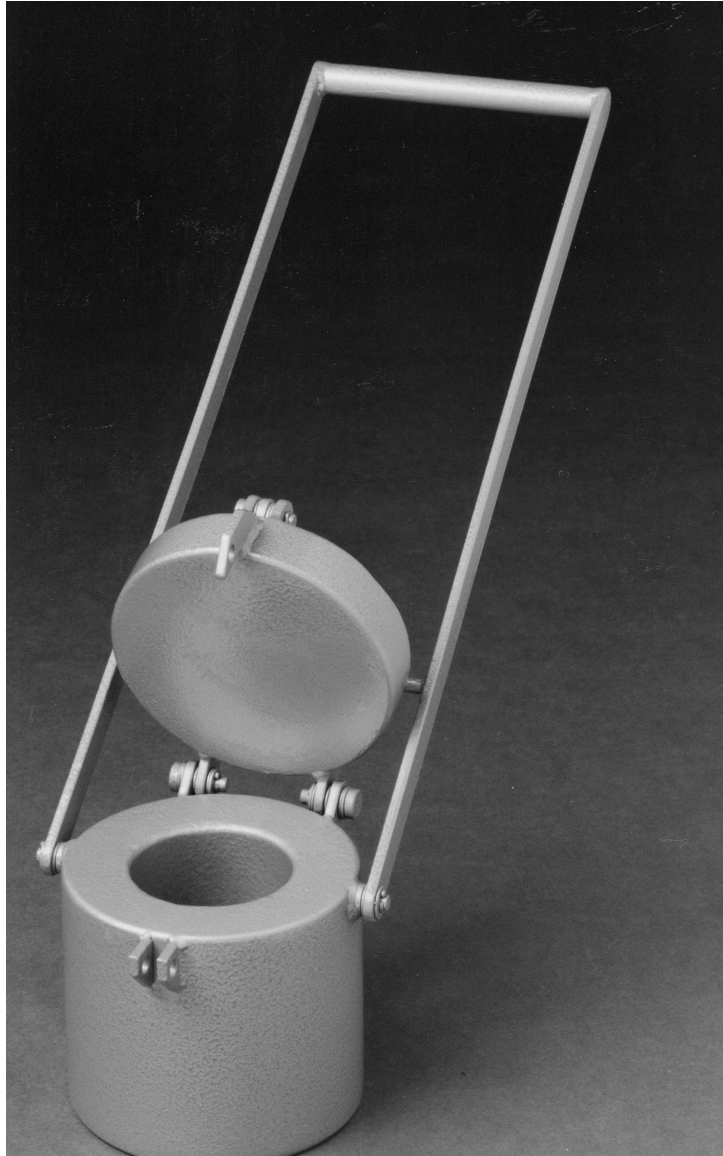
Labor: Kernphysik

	Experiment				Tresor
	1	2	3	4	
Radionuklide	^{60}Co	^{137}Cs	^{90}Sr	^{241}Am	^{226}Ra
Aktivität [MBq]	100	10	0.1	1	10

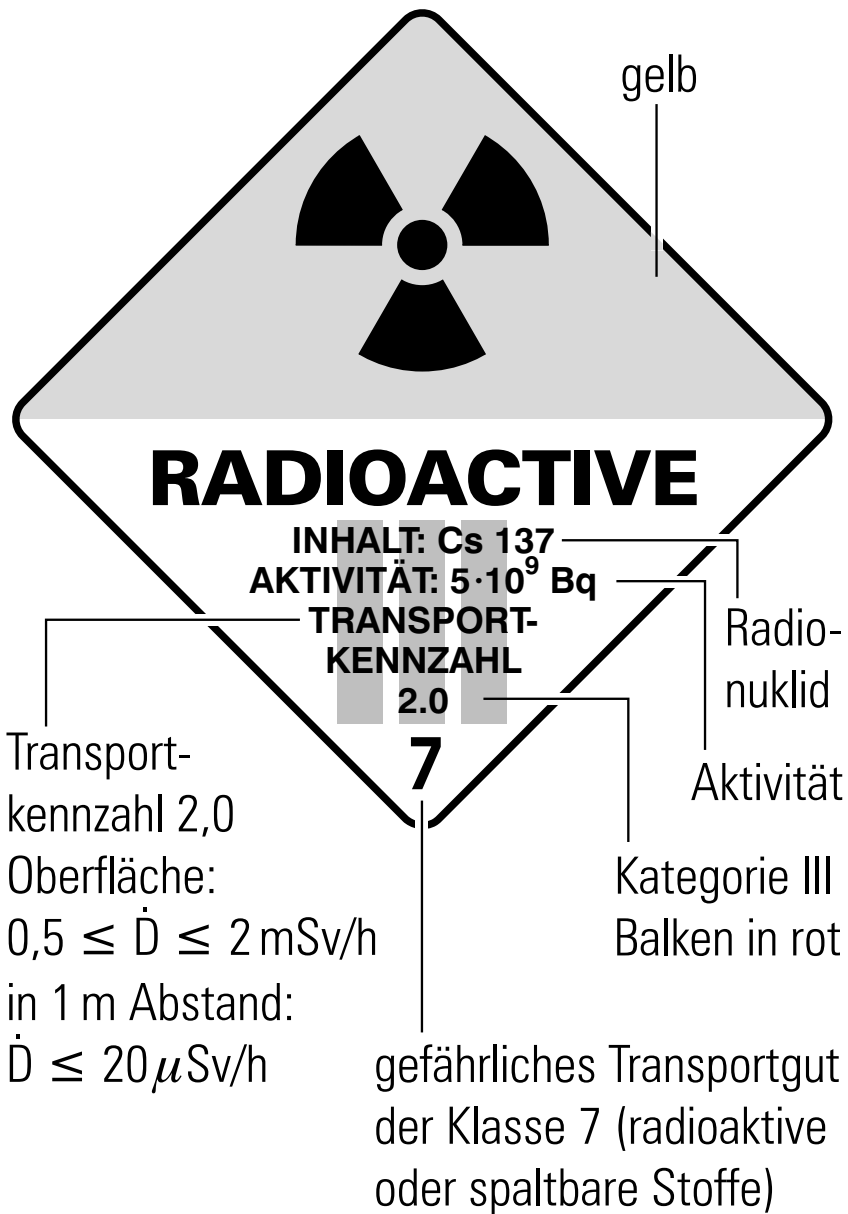
Strahlenschutzbeauftragter: Dr. Grupen

Strahlenschutzverantwortlicher: Dr. Radians

Beispiel zur Kennzeichnung eines Labors, in dem mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird



Klapptopf mit Bleischirmung und Tragegestänge zum Transport von radioaktiven Proben oder Quellen (JL Goslar GmbH)



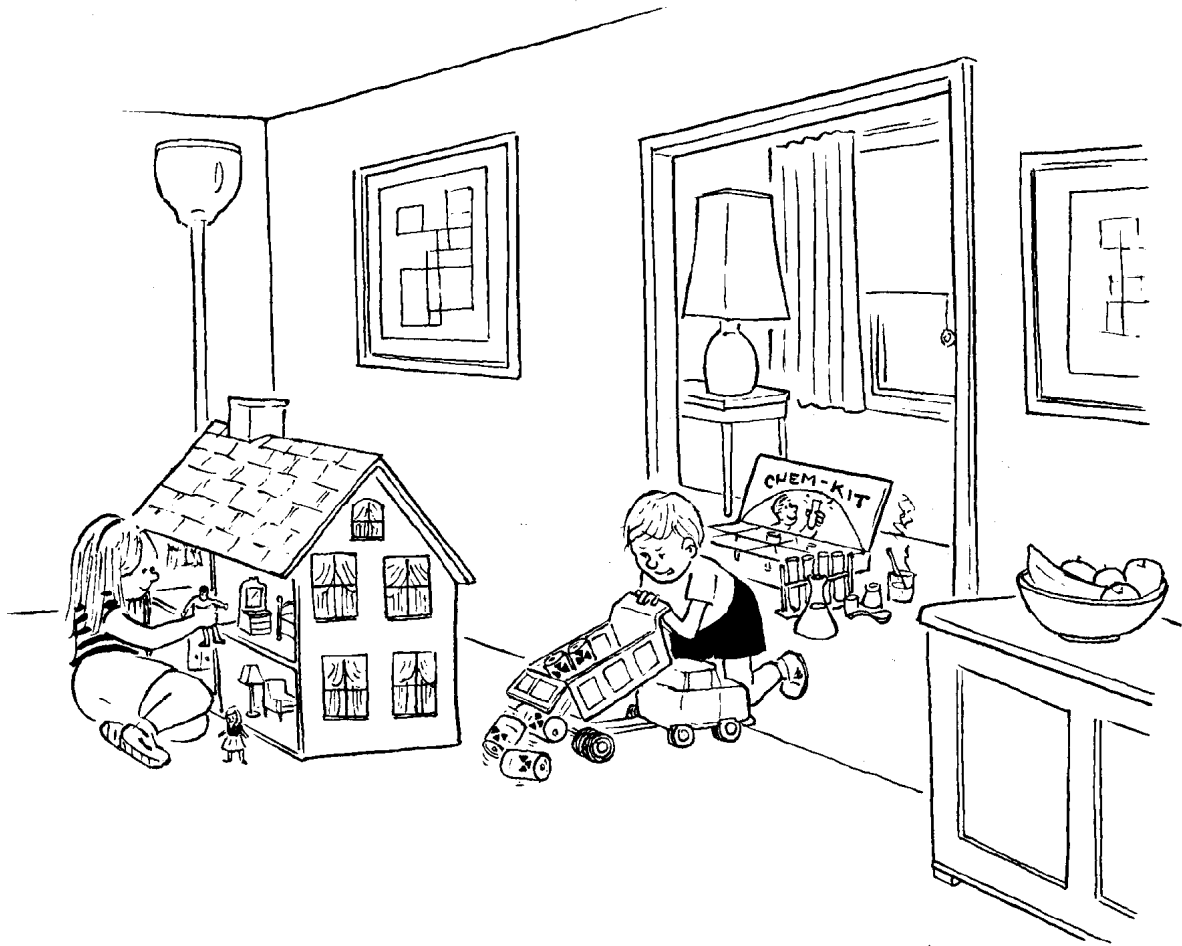
Beispiel der Bezeichnung eines Transportgutes der Kategorie III–Gelb



Stationäre Radioaktivitätsmessanlage zur Kontrolle von LKW's, ausgerüstet mit Plastik-Szintillationszählern (Typ FZM 700, Münchner Apparatebau)

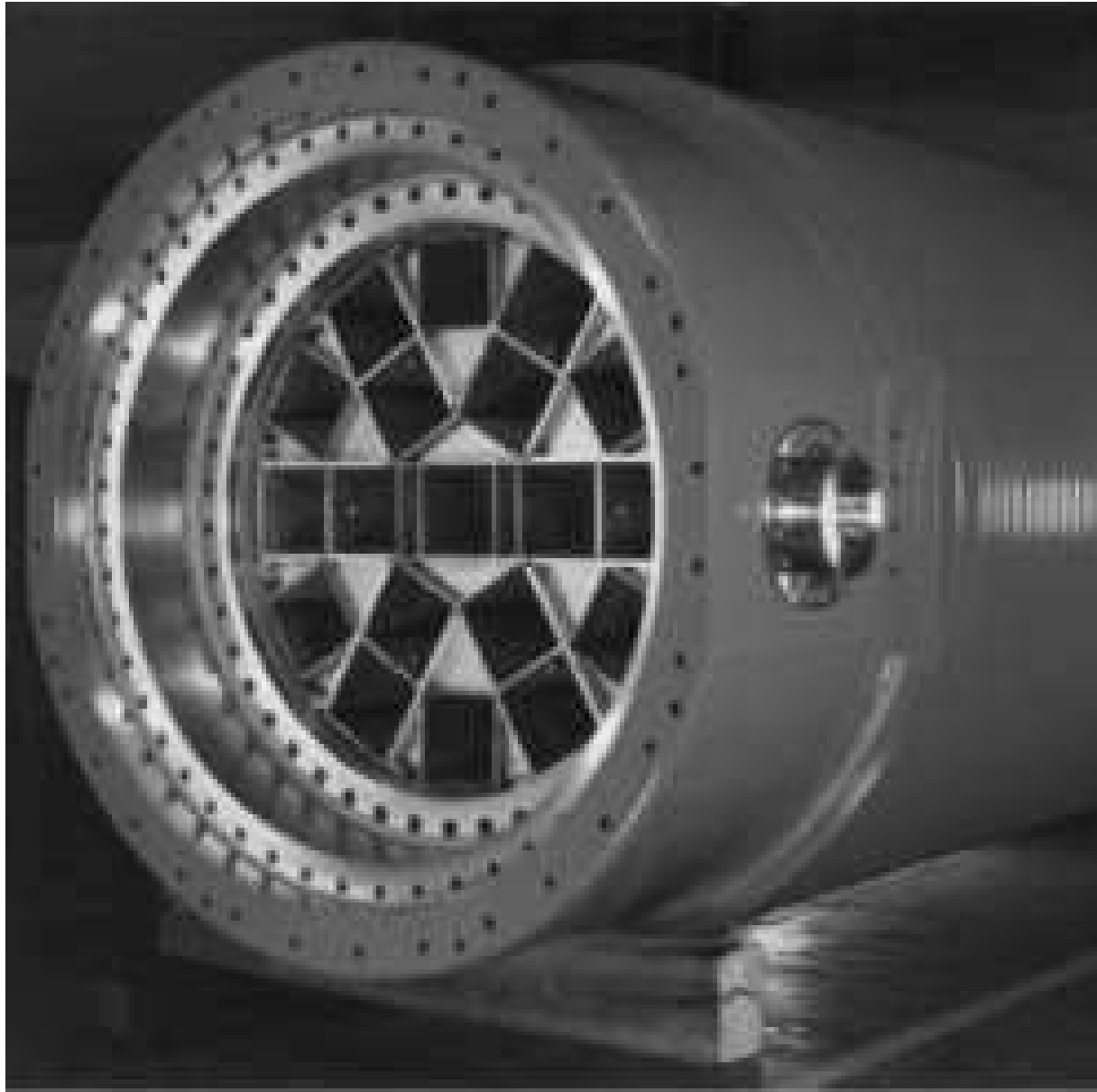


Fallversuch mit einem CASTOR-Behälter (<http://www.gns-nuklearservice.de>)

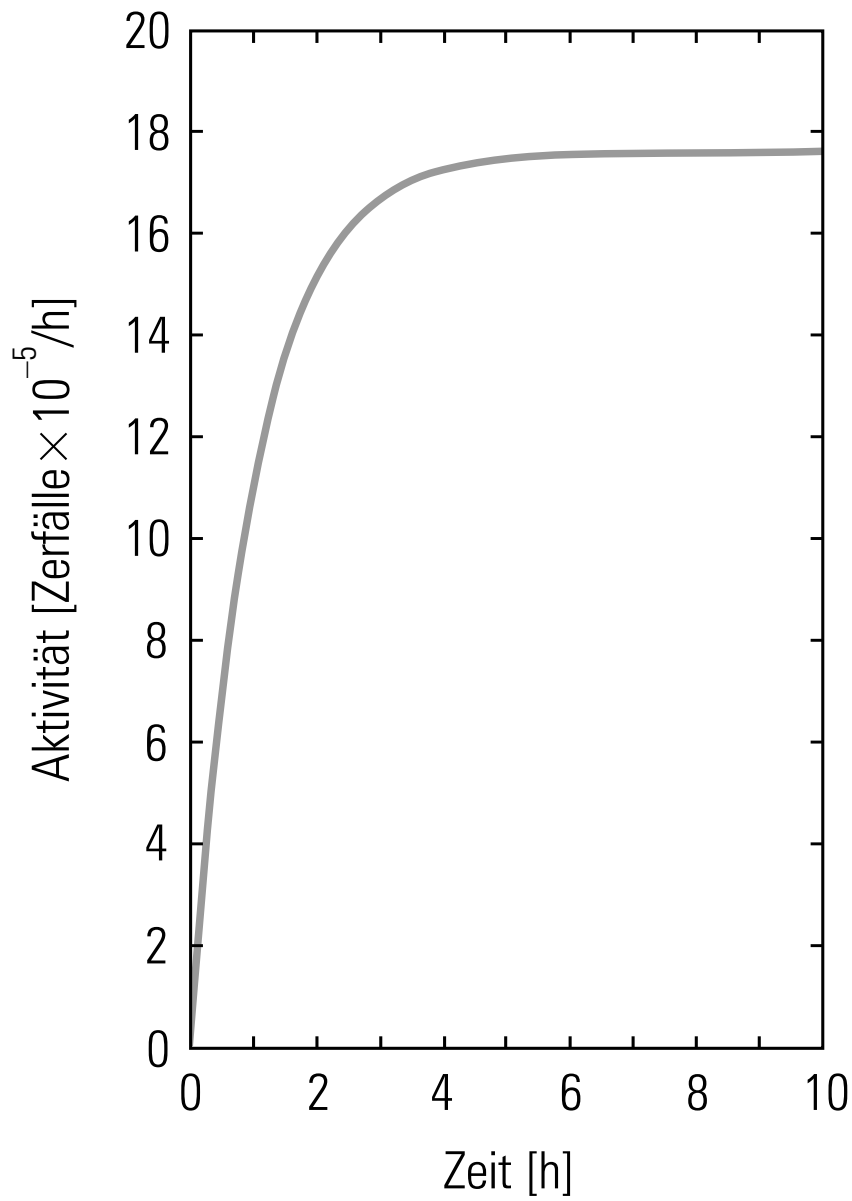


Nick Downes

© by Nick Downes



CASTOR V/19 mit Brennelement-Tragkorb
(<http://www.gns-nuklearservice.de>)



Zeitlicher Verlauf der Aktivität von ^{238}U durch Zerfall und Luftaustausch



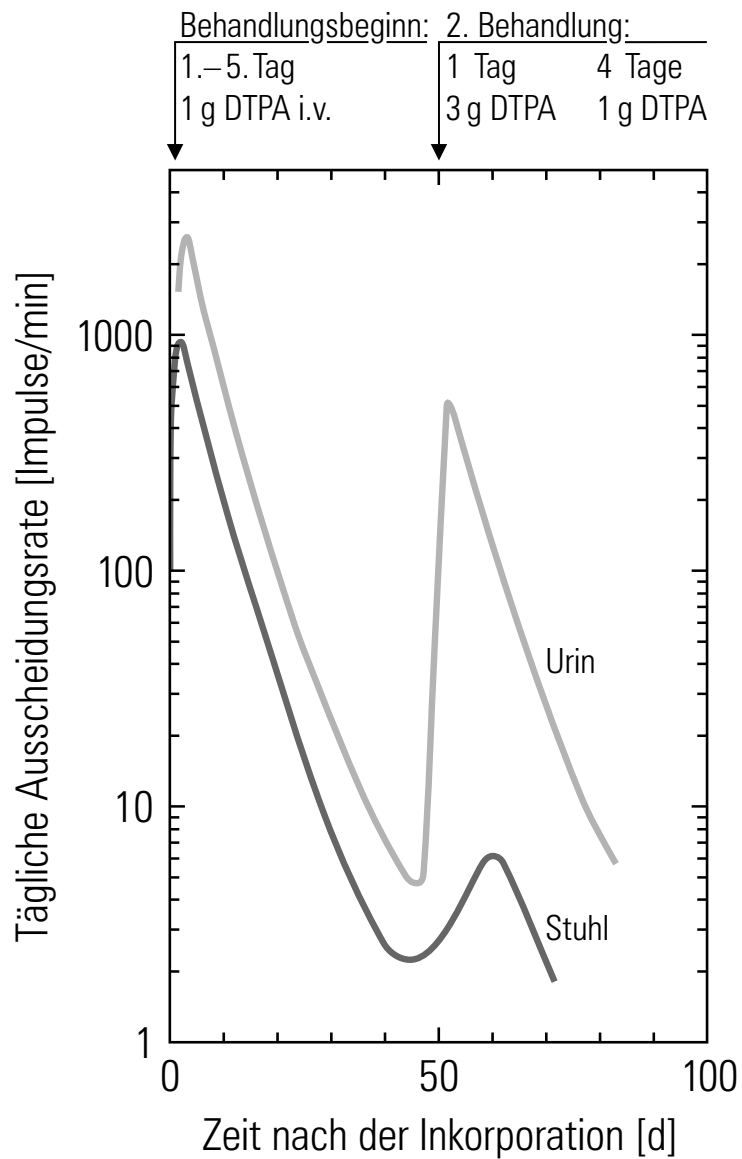
Dosisleistungsmessgerät mit einem Zählrohr als Detektor (Modell 6150 AD6, automess)



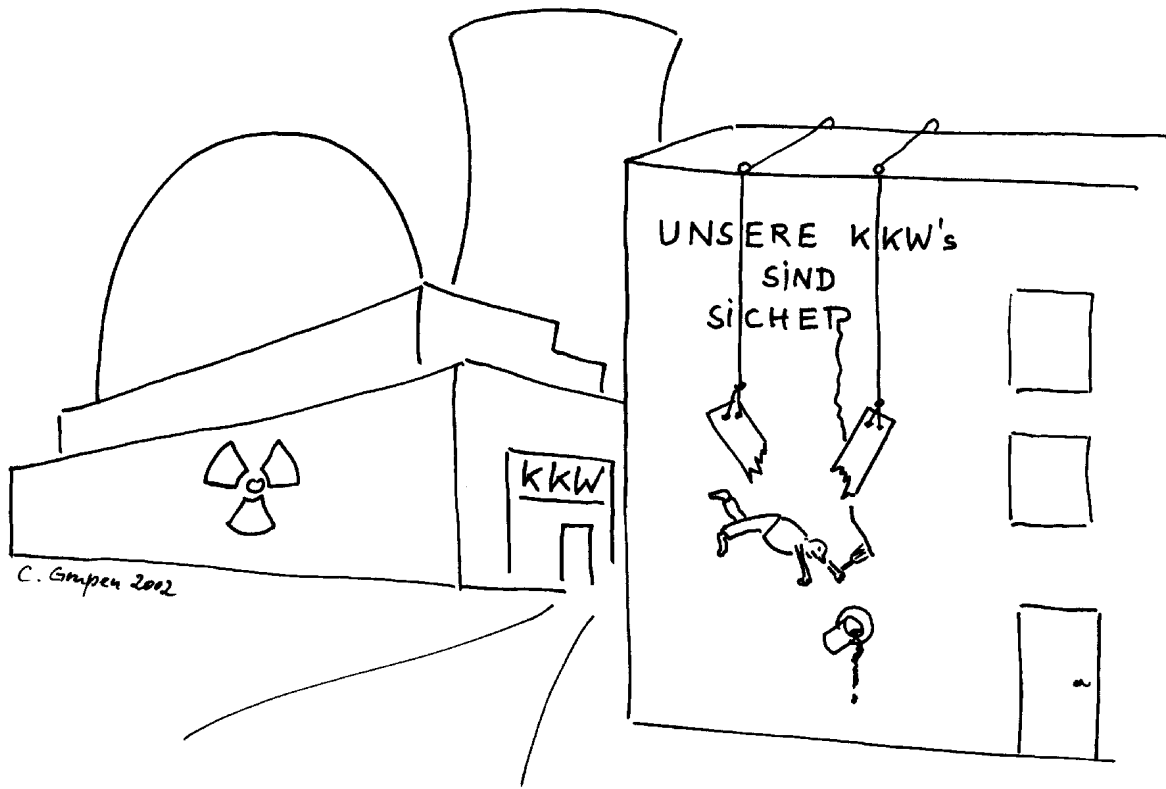
Direkt anzeigendes Alarndosimeter mit Dosis- und Dosisleistungswarnung (Modell ADOS, automes)



Direkt anzeigendes Alarmdosimeter mit Dosis- und Dosisleistungswarnung (Modell Ed 150, Graetz Strahlungsmesstechnik GmbH)



Ausscheidung von Plutonium im Urin und Stuhl beim Menschen nach einer unfallbedingten Plutoniuminkorporation

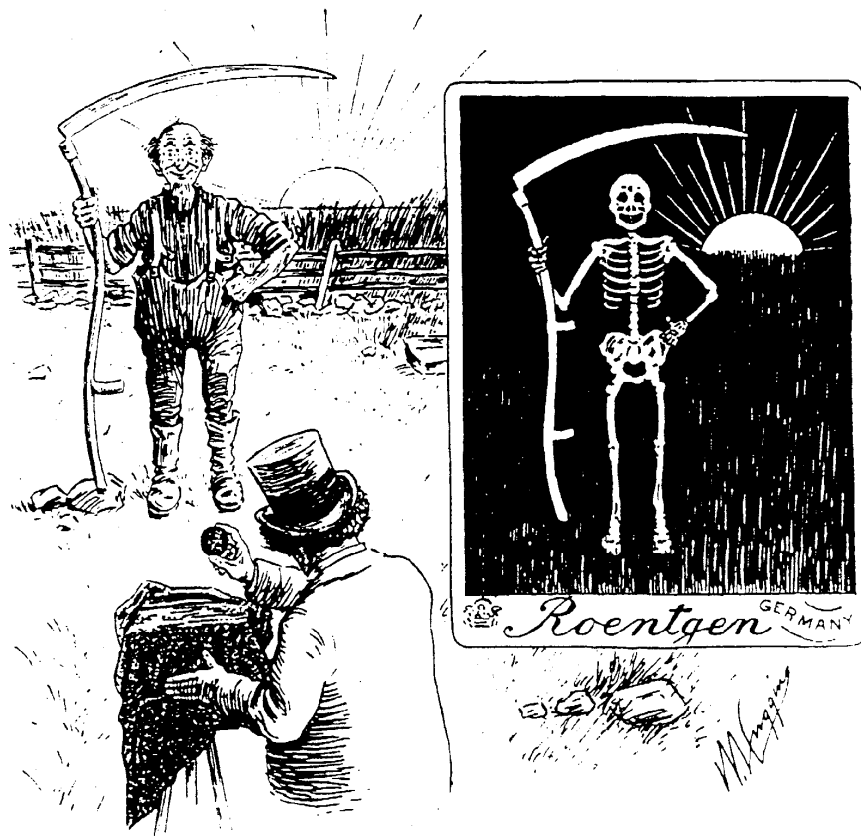


C. Grupen 2002

© by Claus Grupen



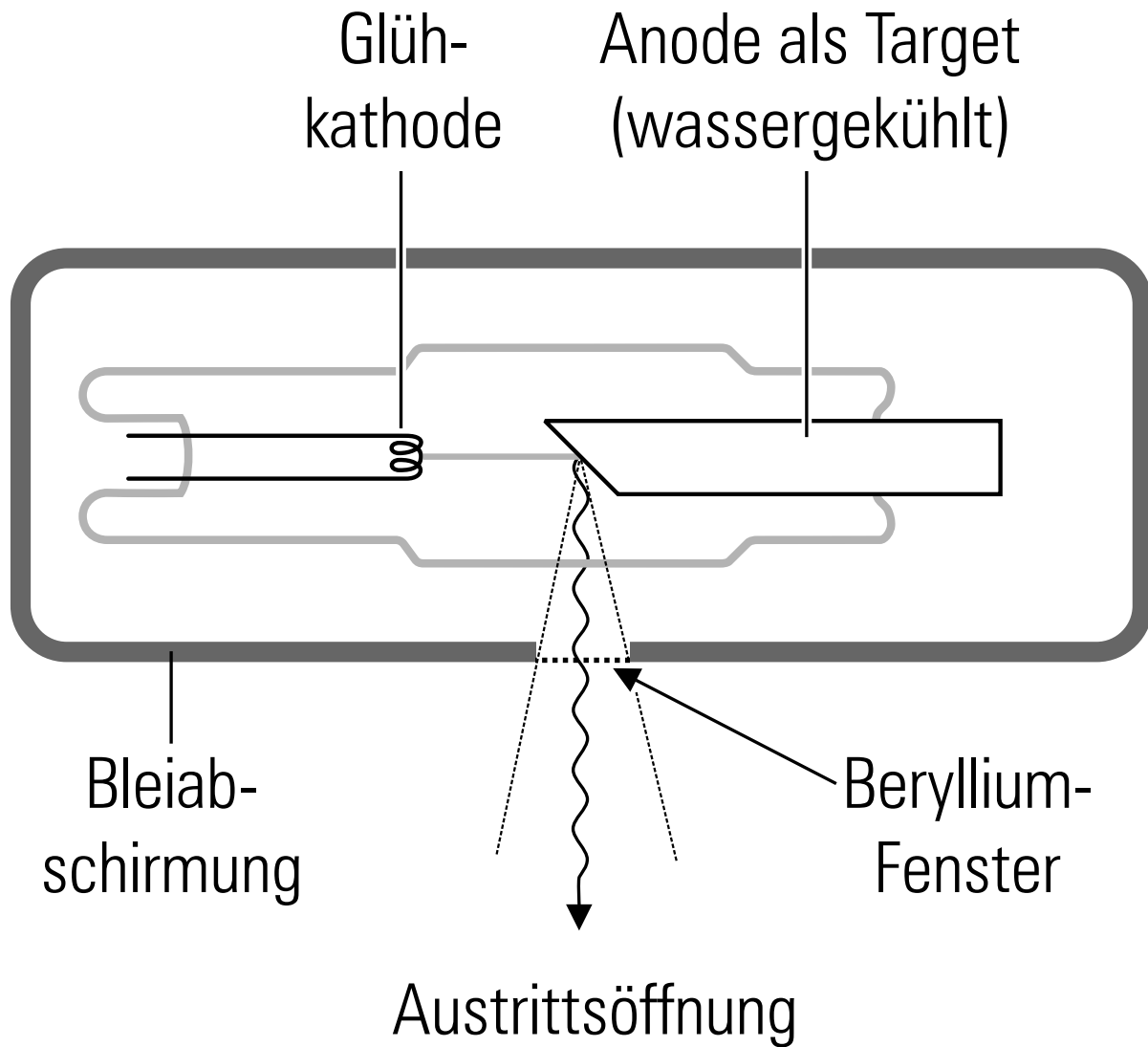
Kontaminationsschutzanzug für Feuerwehreinsätze
(<http://www.ffwessfeld.de>)



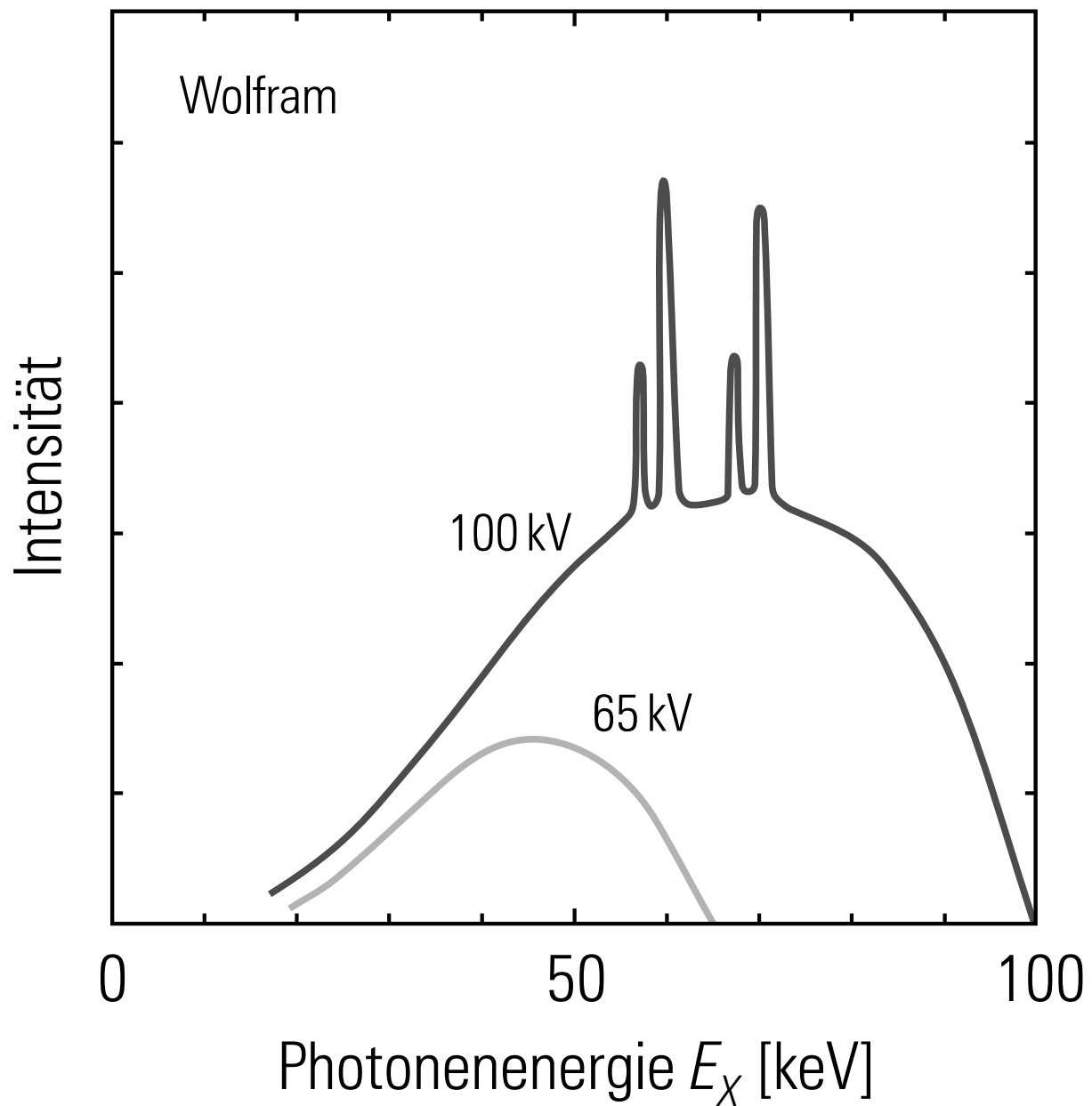
„Bitte recht freundlich“; Cartoon aus der Zeitschrift „Life“, 1896



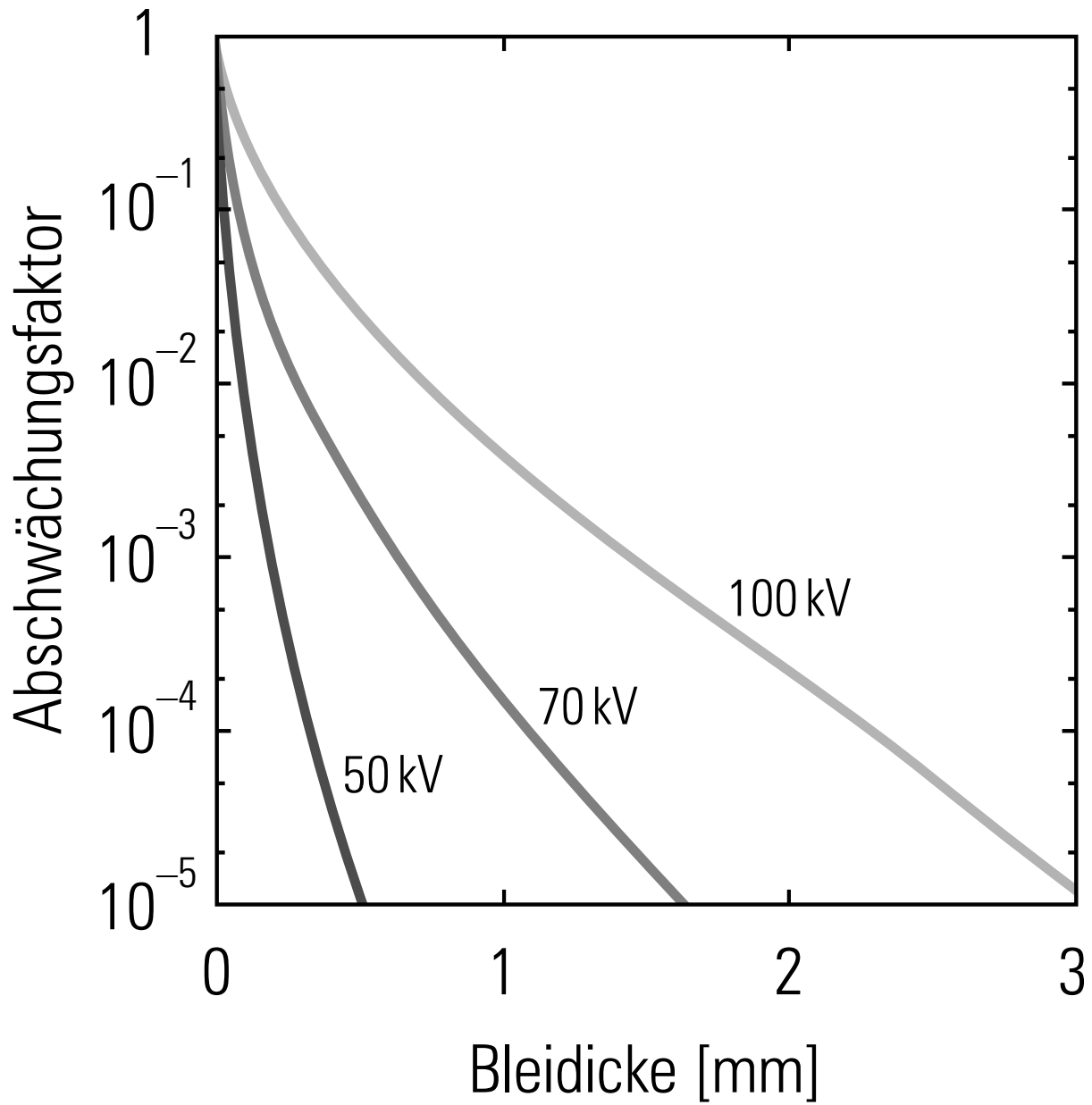
Diamantdetektor als Festkörper-Ionisationskammer für Relativdosimetrie von Röntgen- und Elektronenstrahlung; Messbereich 80 keV–20 MeV für Photonen, 4–20 MeV für Elektronen (Physikalisch-Technische Werkstätten Dr. Pychlau GmbH)



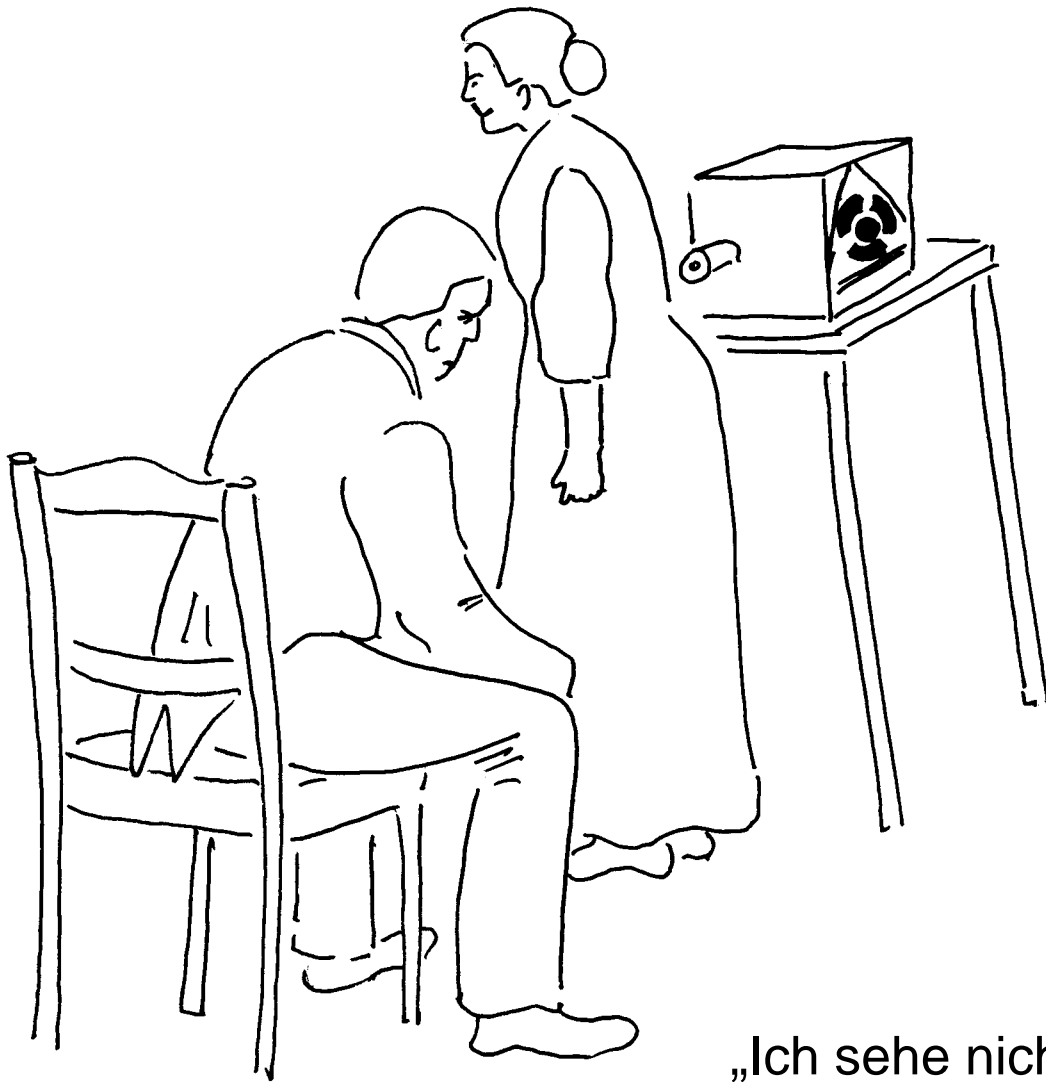
Prinzipieller Aufbau einer Röntgenröhre



Energiespektrum einer Röntgenröhre für Spannungen von 65 kV und 100 kV. Die charakteristische Röntgenstrahlung der Wolfram-Anode wird bei 65 kV noch nicht angeregt

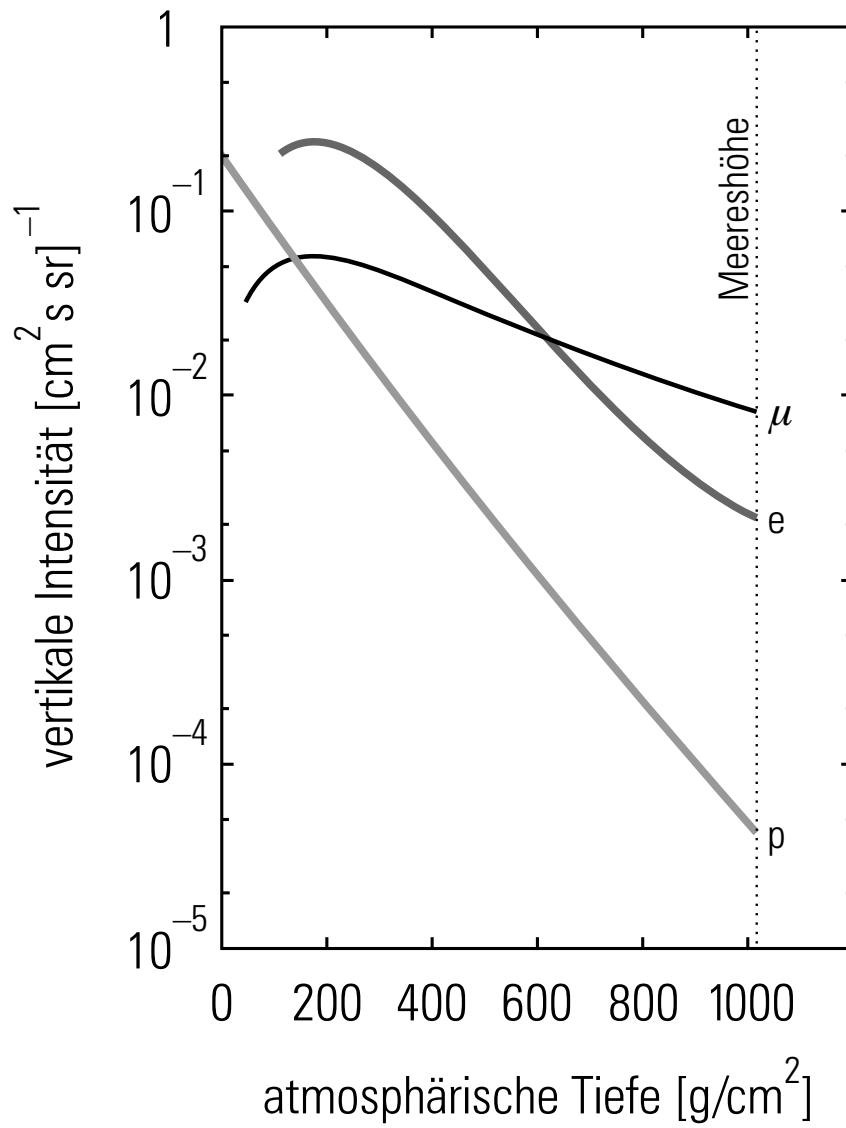


Abschwächungsfaktoren für Röntgenstrahlung in Blei für drei verschiedene Betriebsspannungen der Röhre

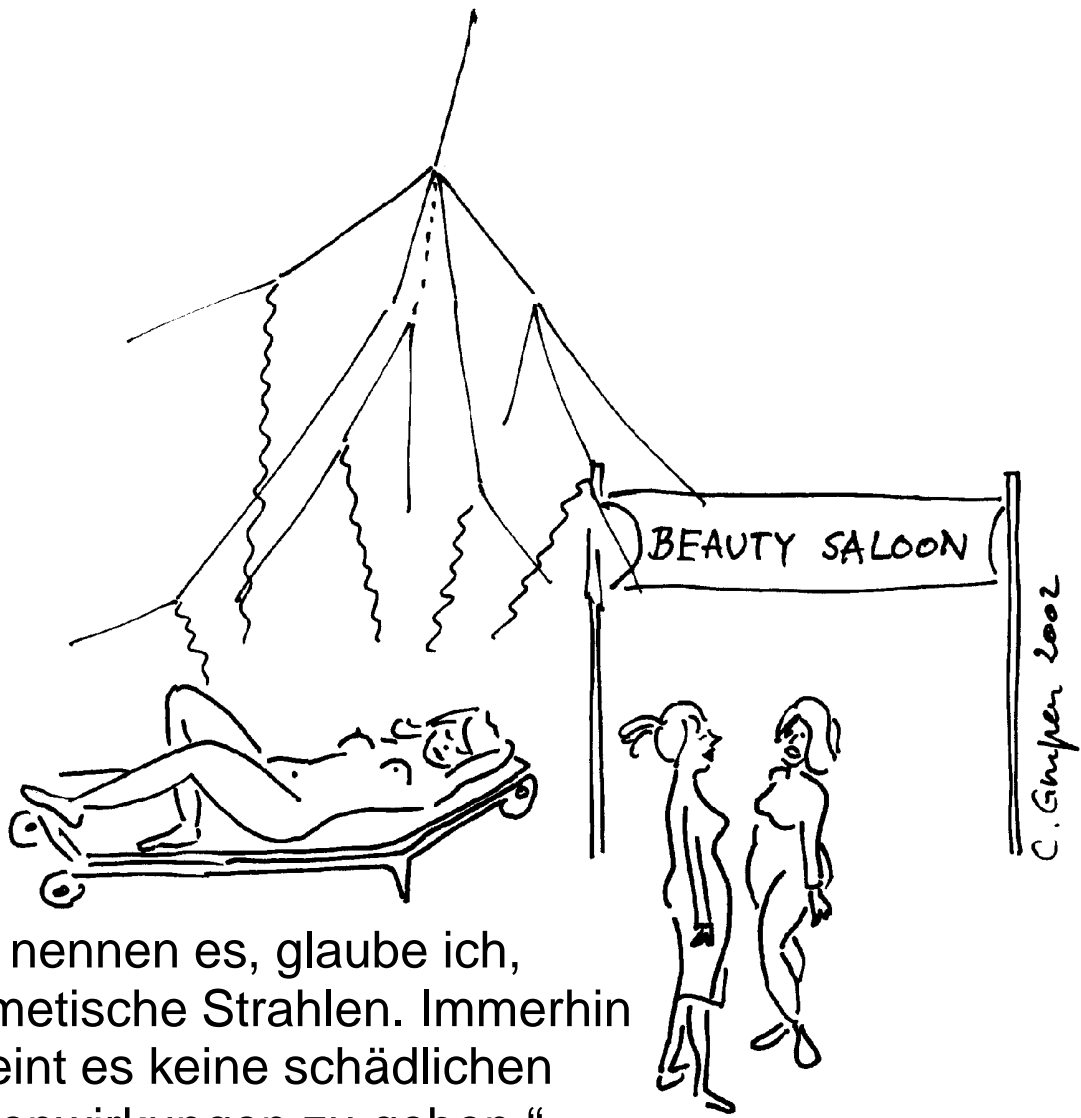


„Ich sehe nichts“

© by Claus Grupen

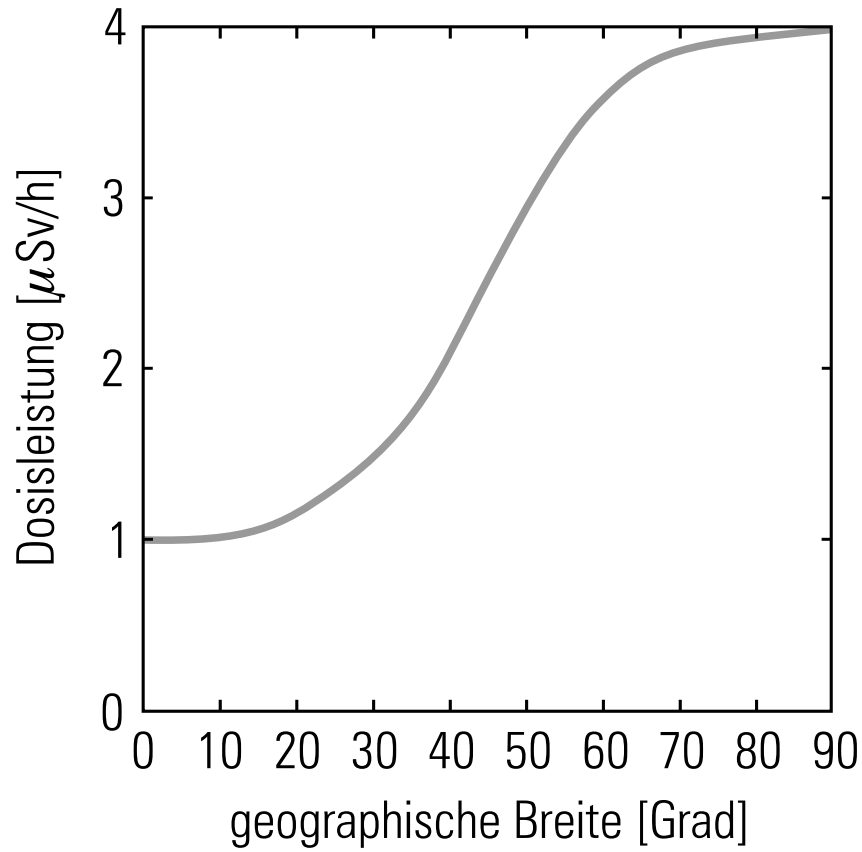


Höhenabhängigkeit der Protonen-, Elektronen- und Myonenanteile in der Atmosphäre

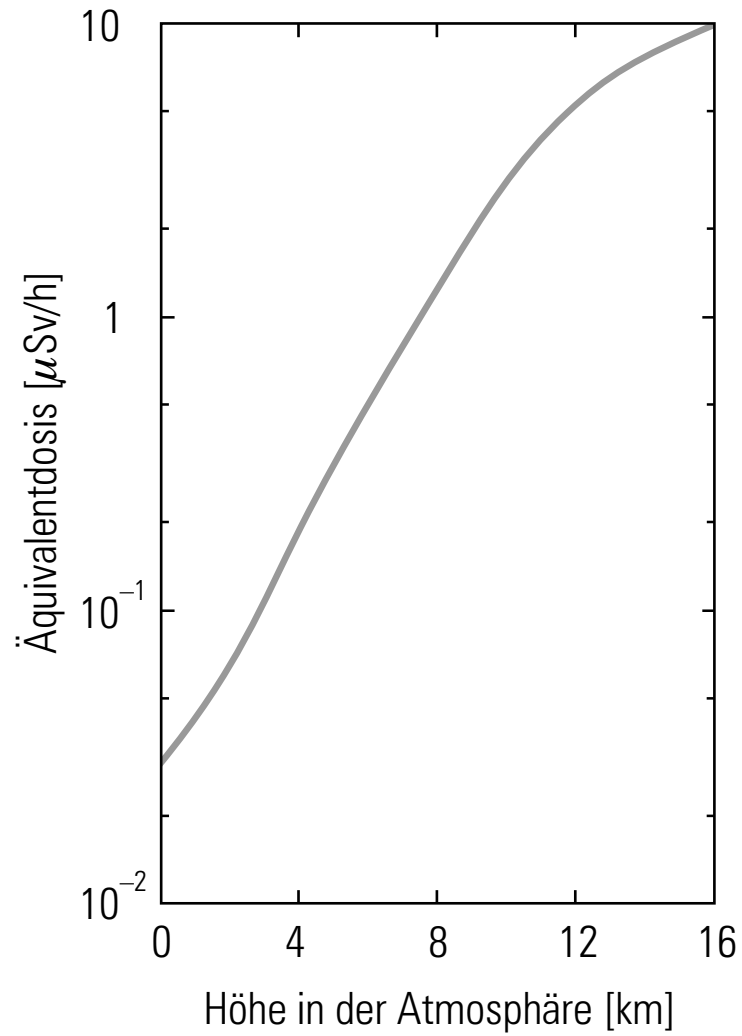


„Sie nennen es, glaube ich,
kosmetische Strahlen. Immerhin
scheint es keine schädlichen
Nebenwirkungen zu geben.“

© by Claus Grupen



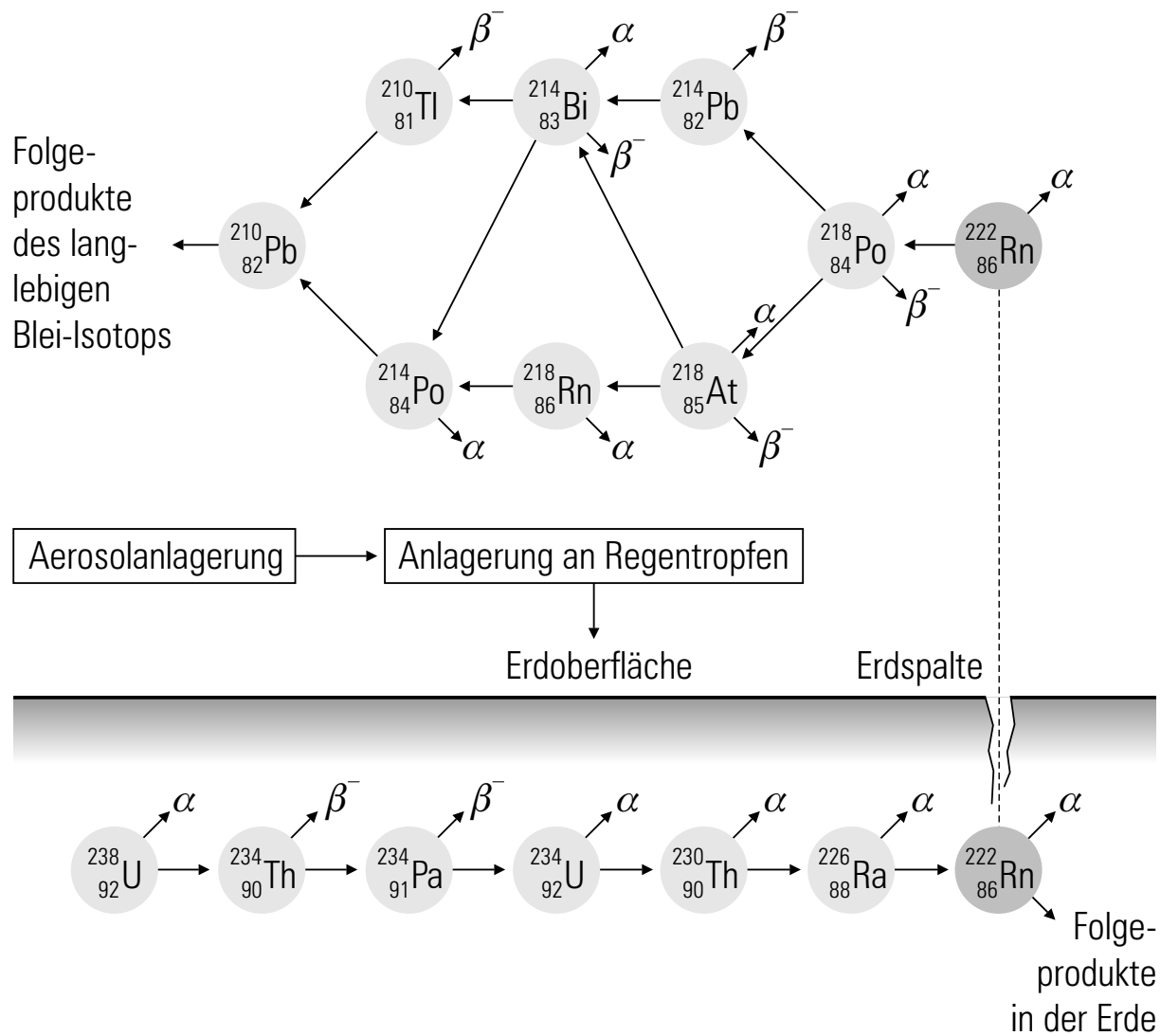
Mittlere Dosisleistung bei Flügen in 10 km Höhe als Funktion der geographischen Breite



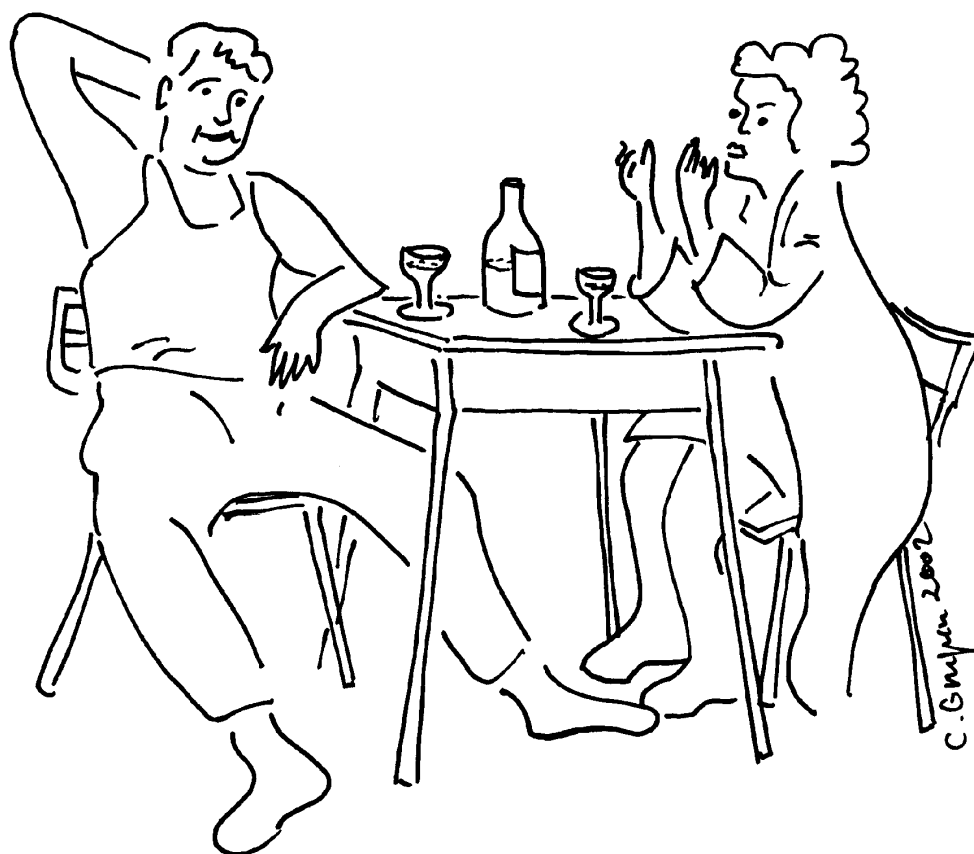
Variation der Dosisleistung mit der Höhe in der Atmosphäre für mittlere geographische Breiten



Low-Level-Monitor-System mit Staubprobensammler zur Messung geringer Beta-Aktivitäten, z. B. im Rahmen von Radon-Filter-Messungen (Modell LLM 500, Münchener Apparatebau)

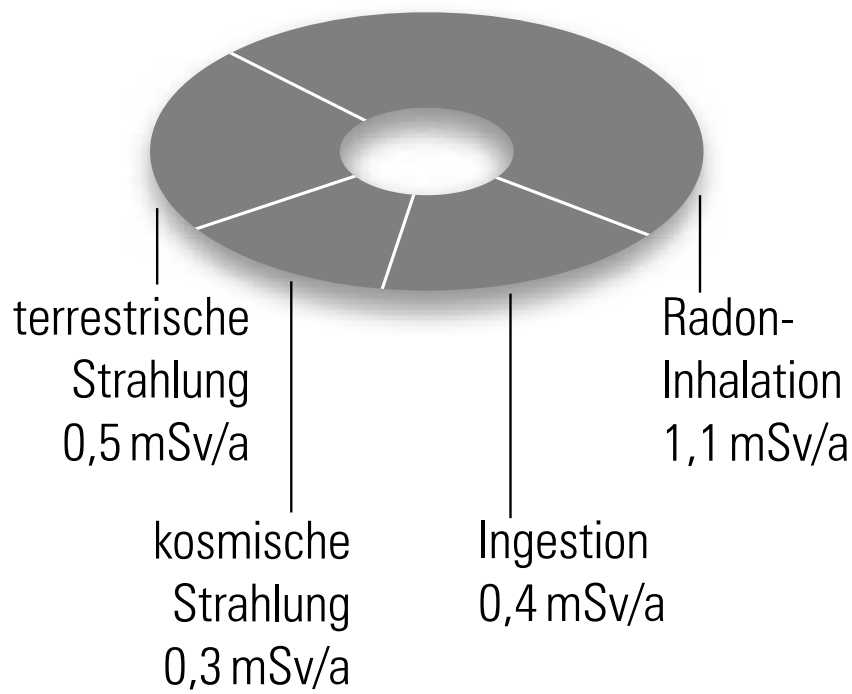


Entstehung und Freisetzung von ^{222}Rn

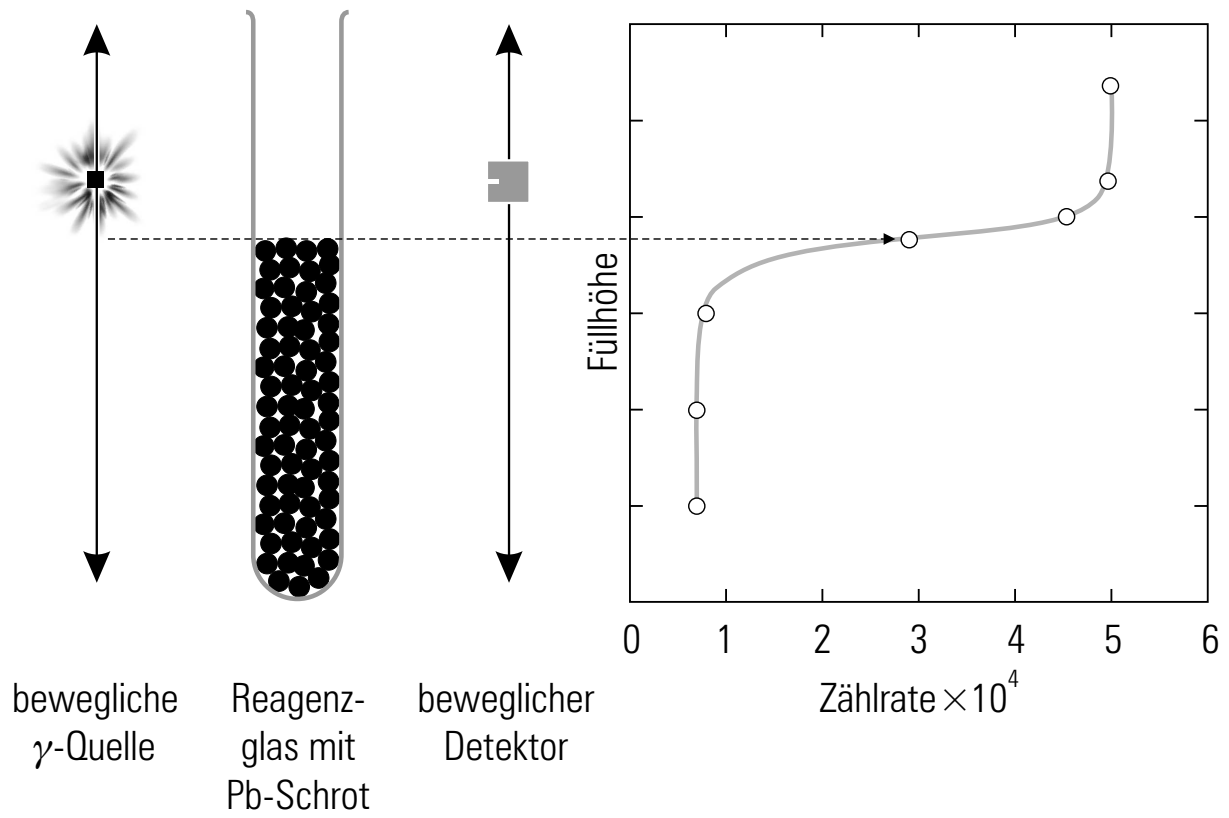


„10 000 Atomkerne zerfallen pro Sekunde in unserem Körper, und wir machen uns Sorgen um die Benzinpreise.“

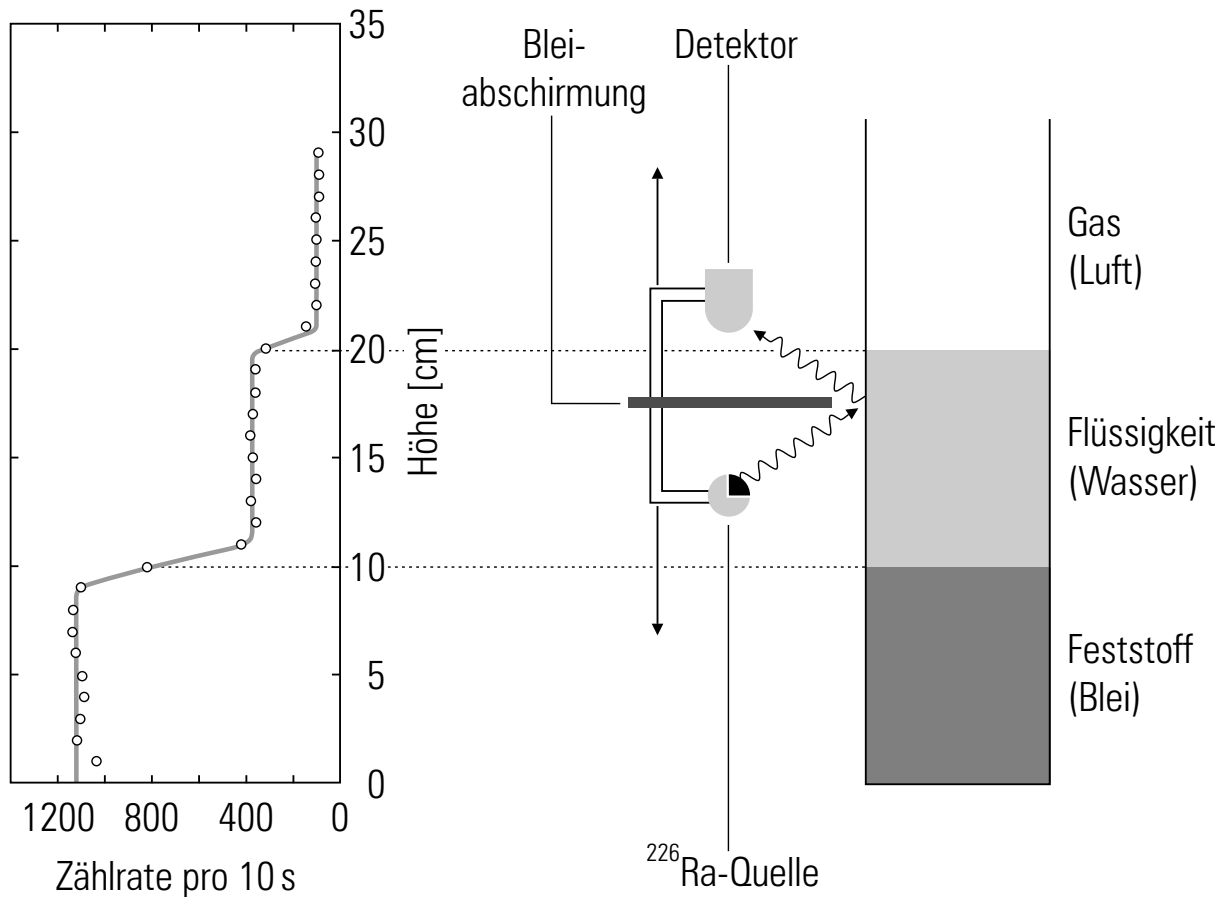
© by Claus Grupen



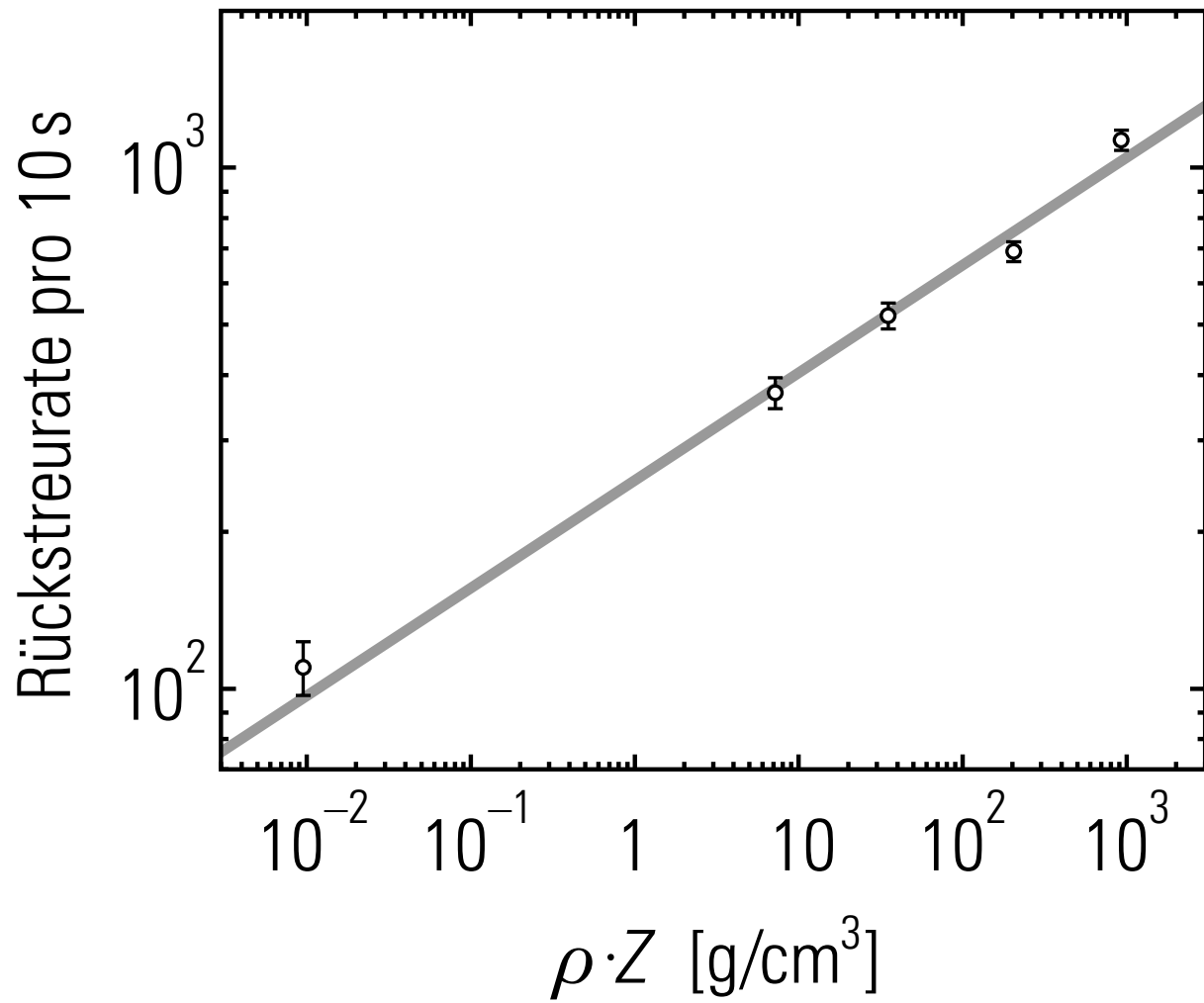
Natürliche Strahlenbelastung (2,3 mSv/a)



Füllstandsmessung mit einer ^{226}Ra -Quelle



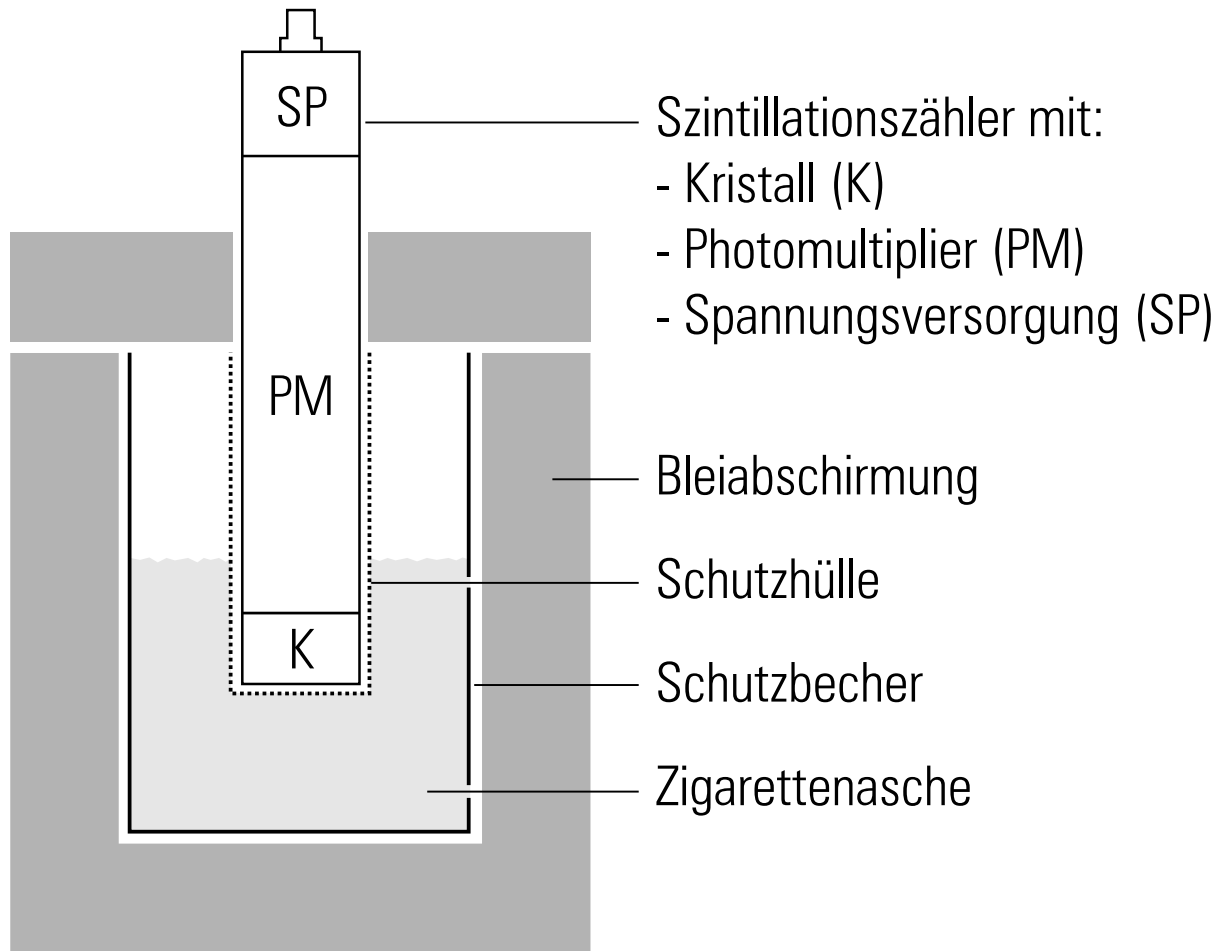
Gamma-Rückstremethode zur Identifizierung der chemisch-physikalischen Eigenschaften von Lagerstätten



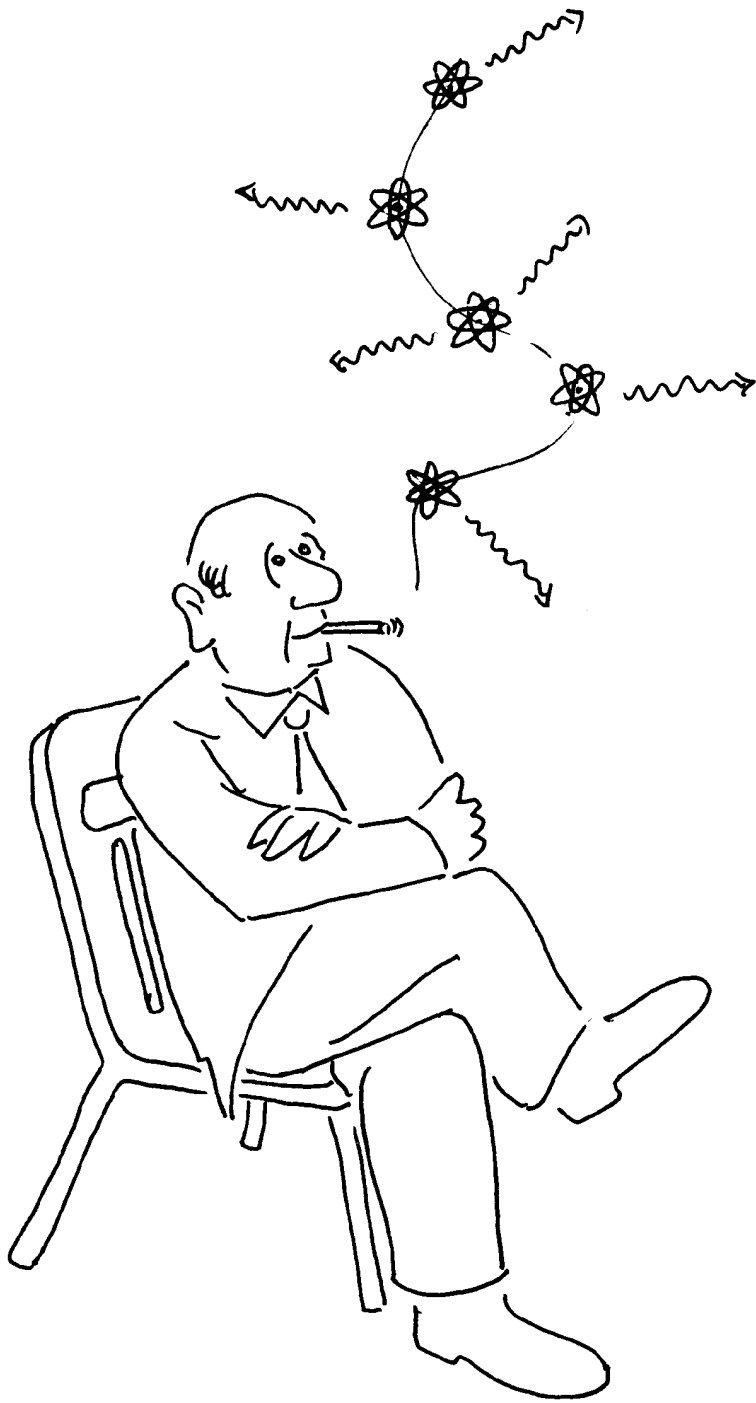
Materialabhängigkeit der Rückstreureate bei der Gamma-Rückstreuremethode



Xenon/Krypton-Ionisationskammern für radiometrische Dicken-
und Dichtemessung
(VacuTec-Messtechnik GmbH)

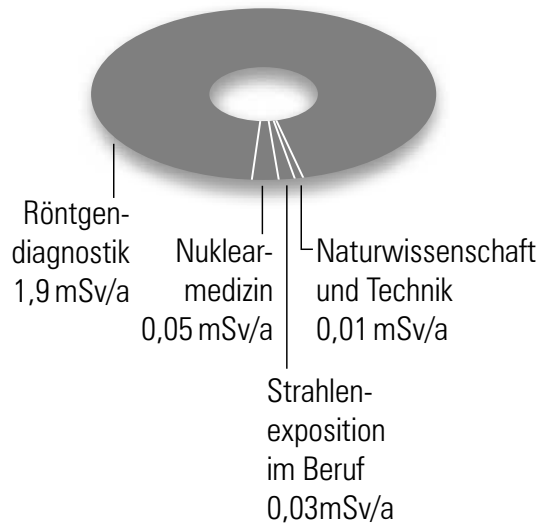


Messung der Absolutaktivität von Zigarettenasche mit einem abgeschirmten Szintillationszähler

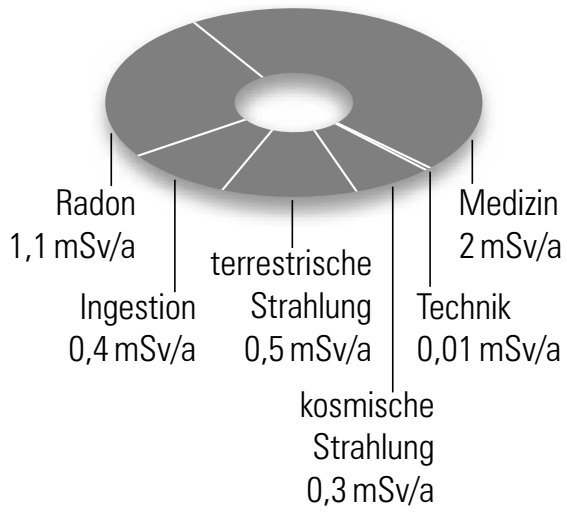


„Ich rauche gern“

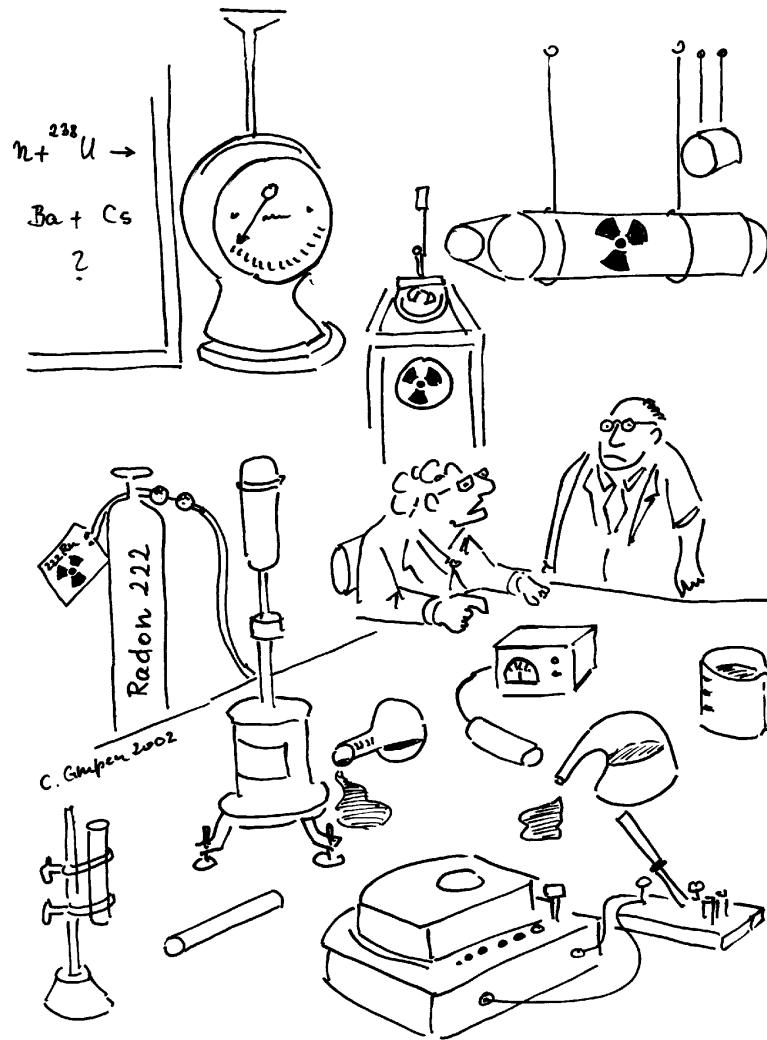
© by Claus Grupen



Verschiedene Anteile der zivilisationsbedingten Strahlenbelastung

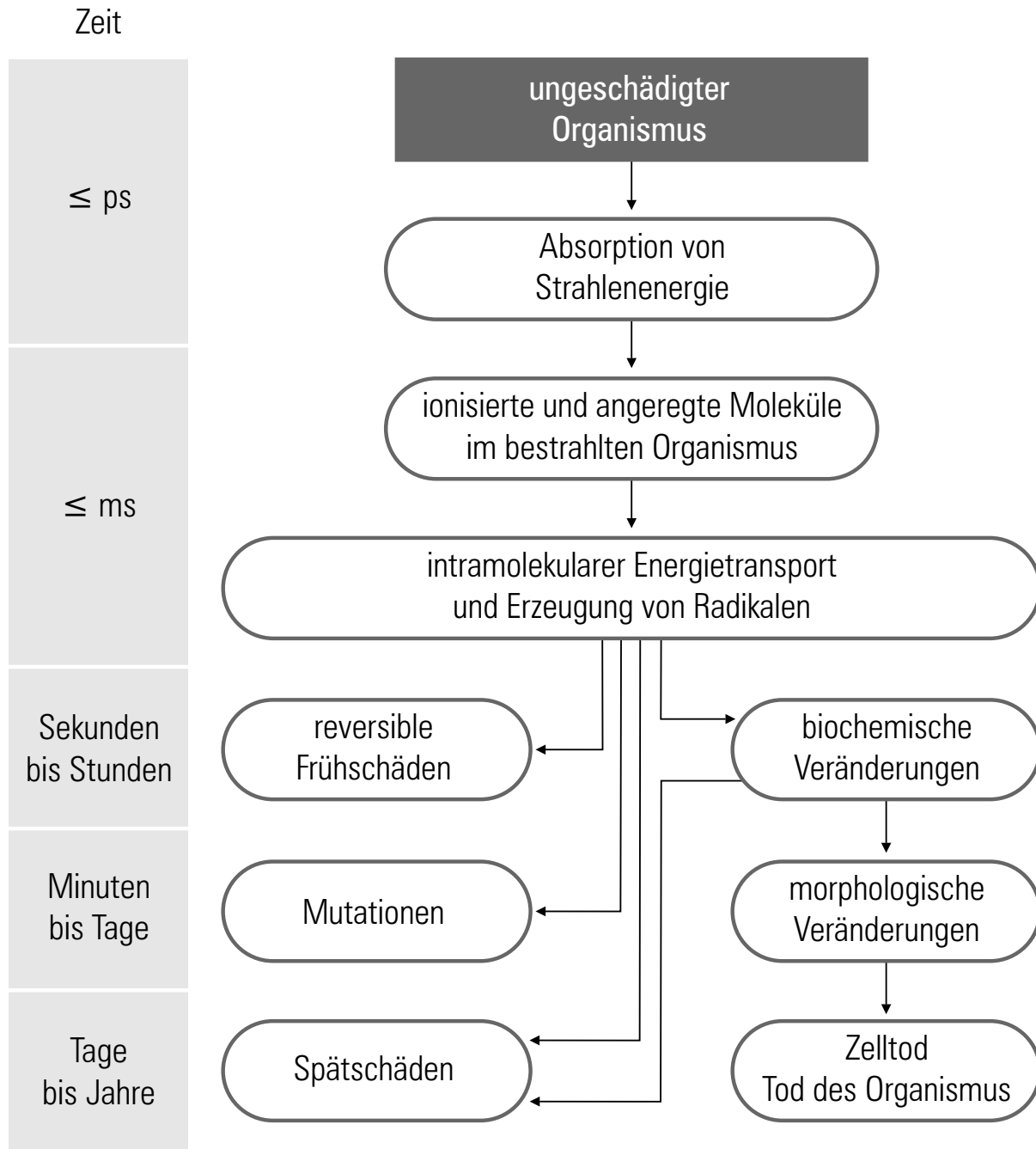


Anteile an der gesamten mittleren Strahlenbelastung des Menschen

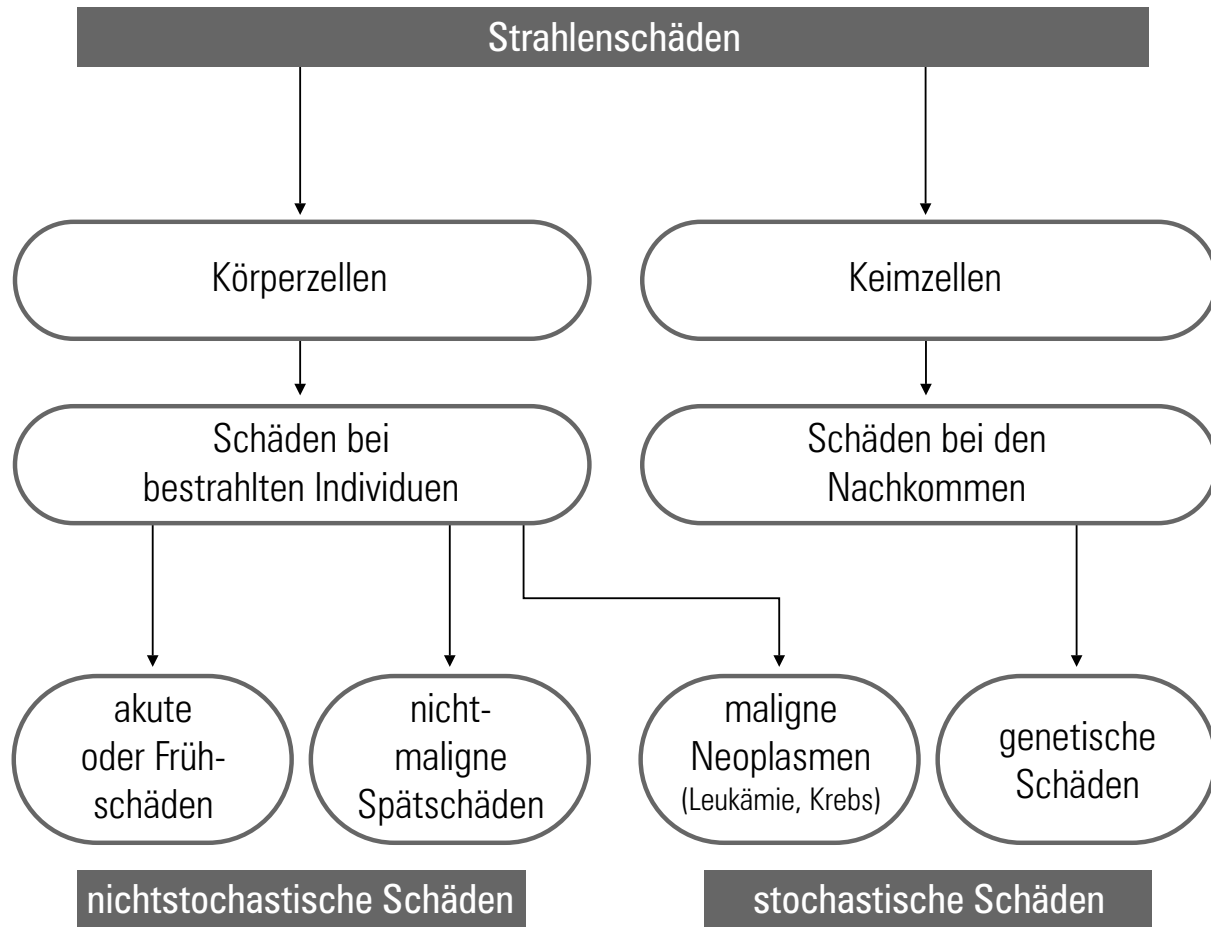


„Warum beschweren Sie sich? Seien Sie doch froh!
In Bad Gastein müssen Sie dafür viel Geld bezahlen.
Hier haben Sie das alles umsonst!“

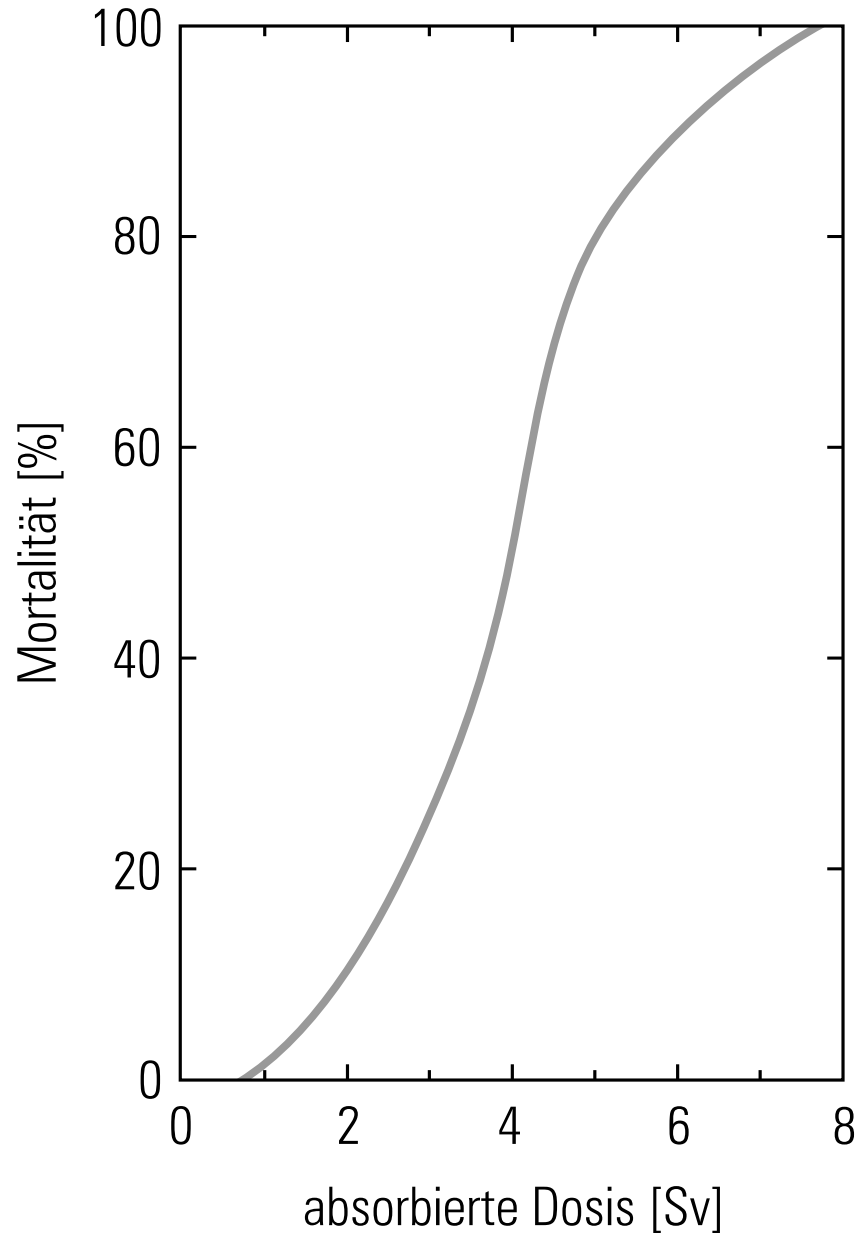
© by Claus Gruppen



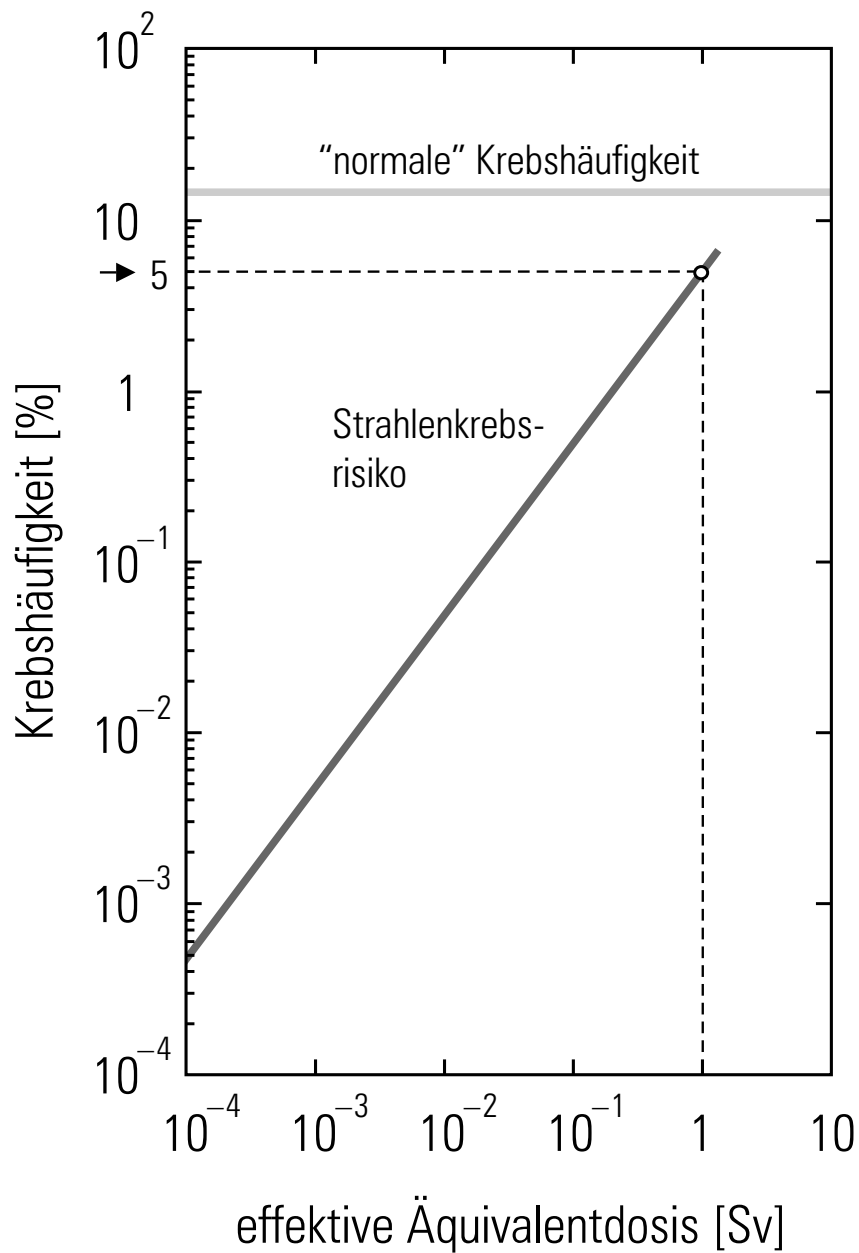
Zeitlicher Verlauf der physikalisch–biologischen Wirkung absorbiertener Strahlenenergie



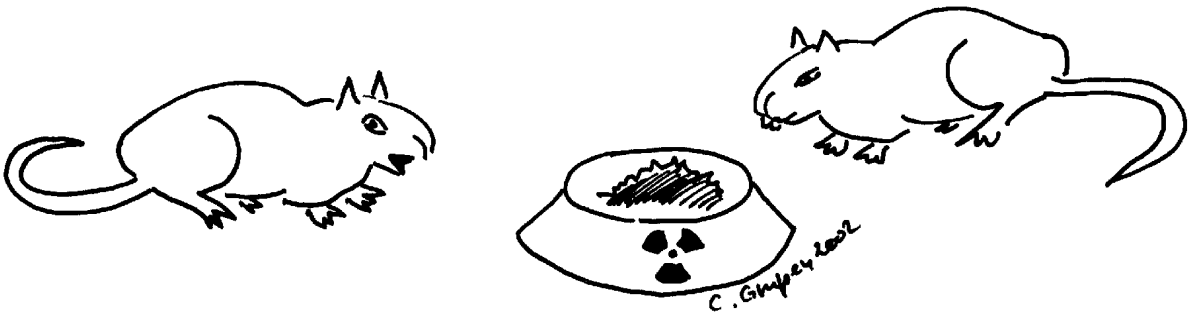
Übersicht über die verschiedenen Arten von Strahlenschäden



Mortalität nach 30 Tagen als Funktion der Ganzkörperdosis beim Menschen

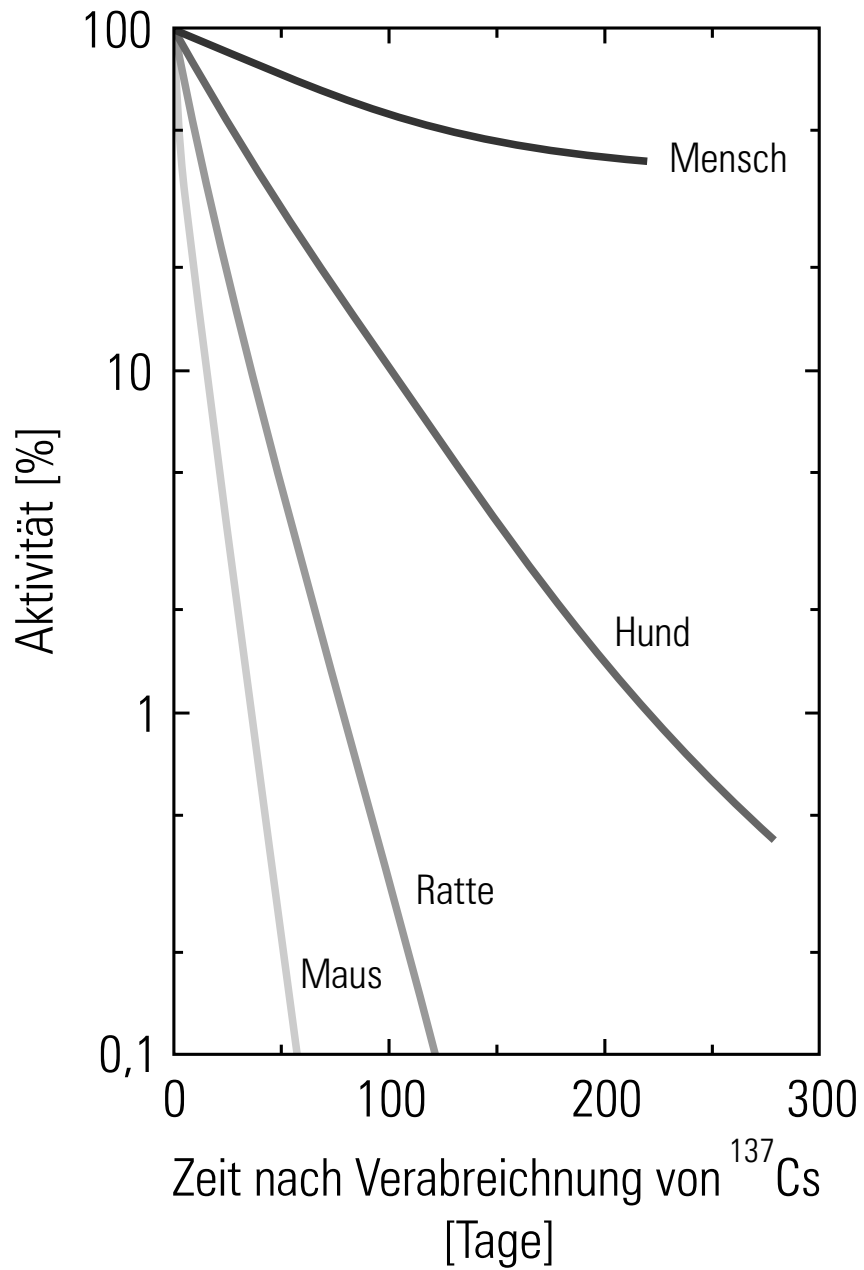


Abhängigkeit des Strahlenrisikos von der absorbierten Ganzkörperdosis im Vergleich zur „normalen“ Krebshäufigkeit



„Mir schmeckt diese radioaktiv angereicherte Nahrung.
Sie stärkt meine Immunabwehr!“

© by Claus Gruppen

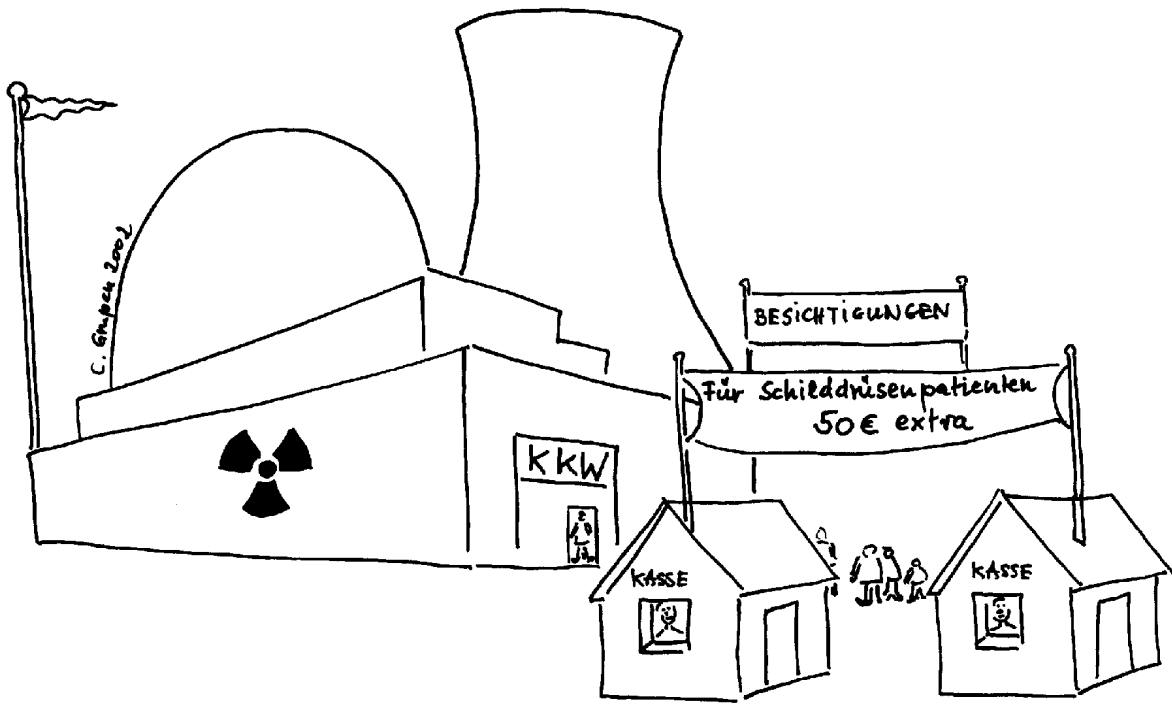


Abnahme des im Körper gespeicherten ^{137}Cs beim Menschen und verschiedenen Säugetieren

EFFEKTE VON
NIEDRIGSTRAHLUNG

C. Grupen 2002



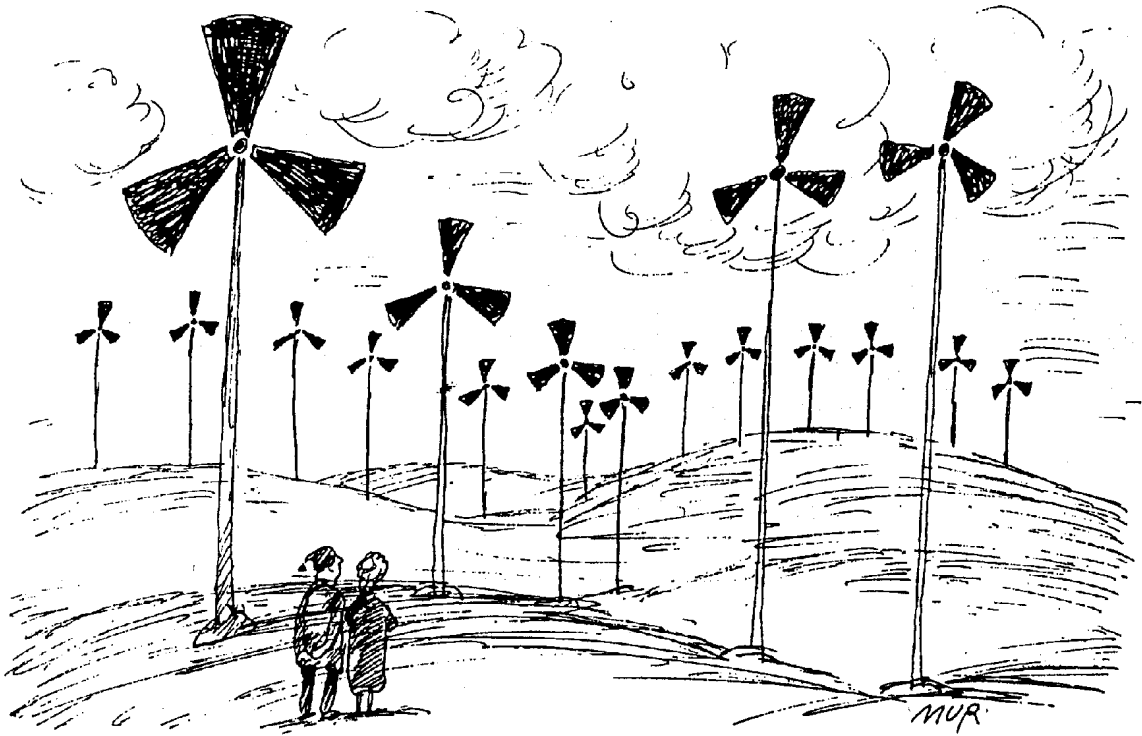


© by Claus Grupen



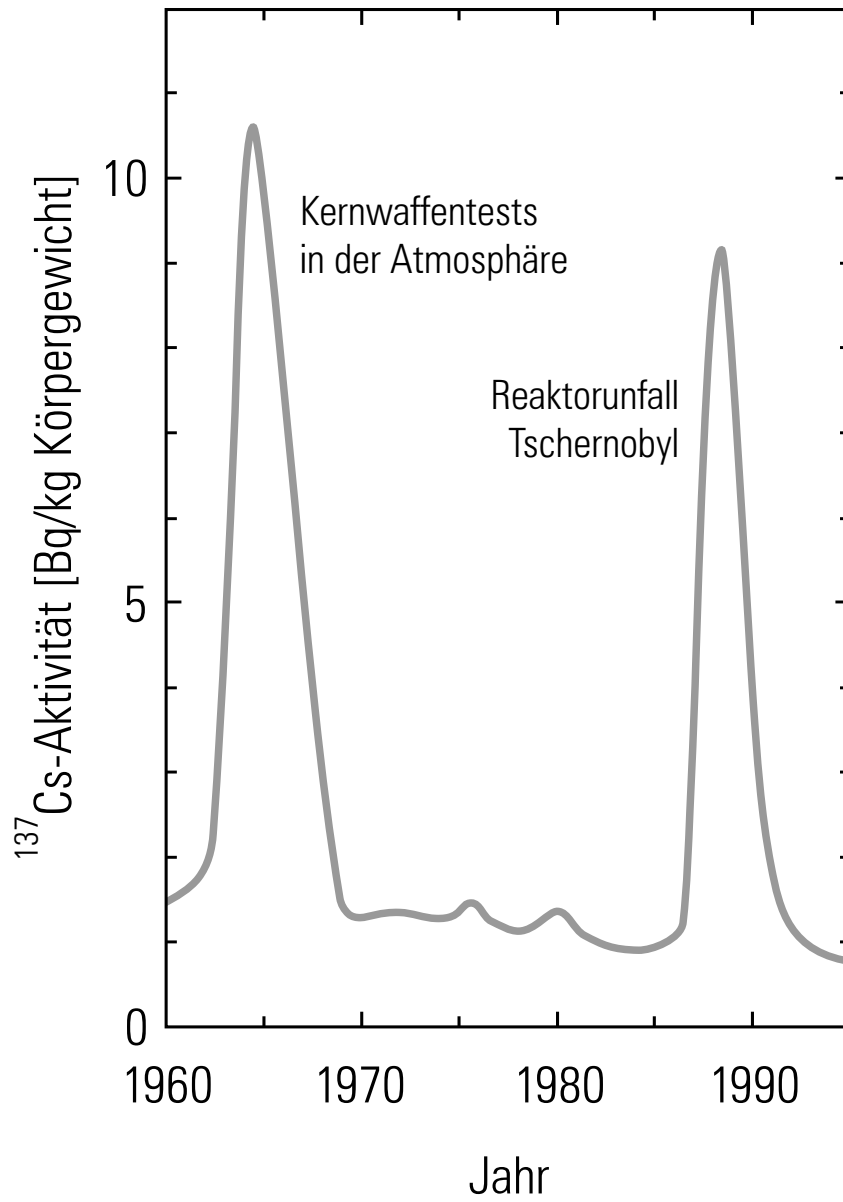
„Gestern fütterten sie mich
mit radioaktiver Diät;
heute teste ich Zigaretten!“

© by Claus Grupen

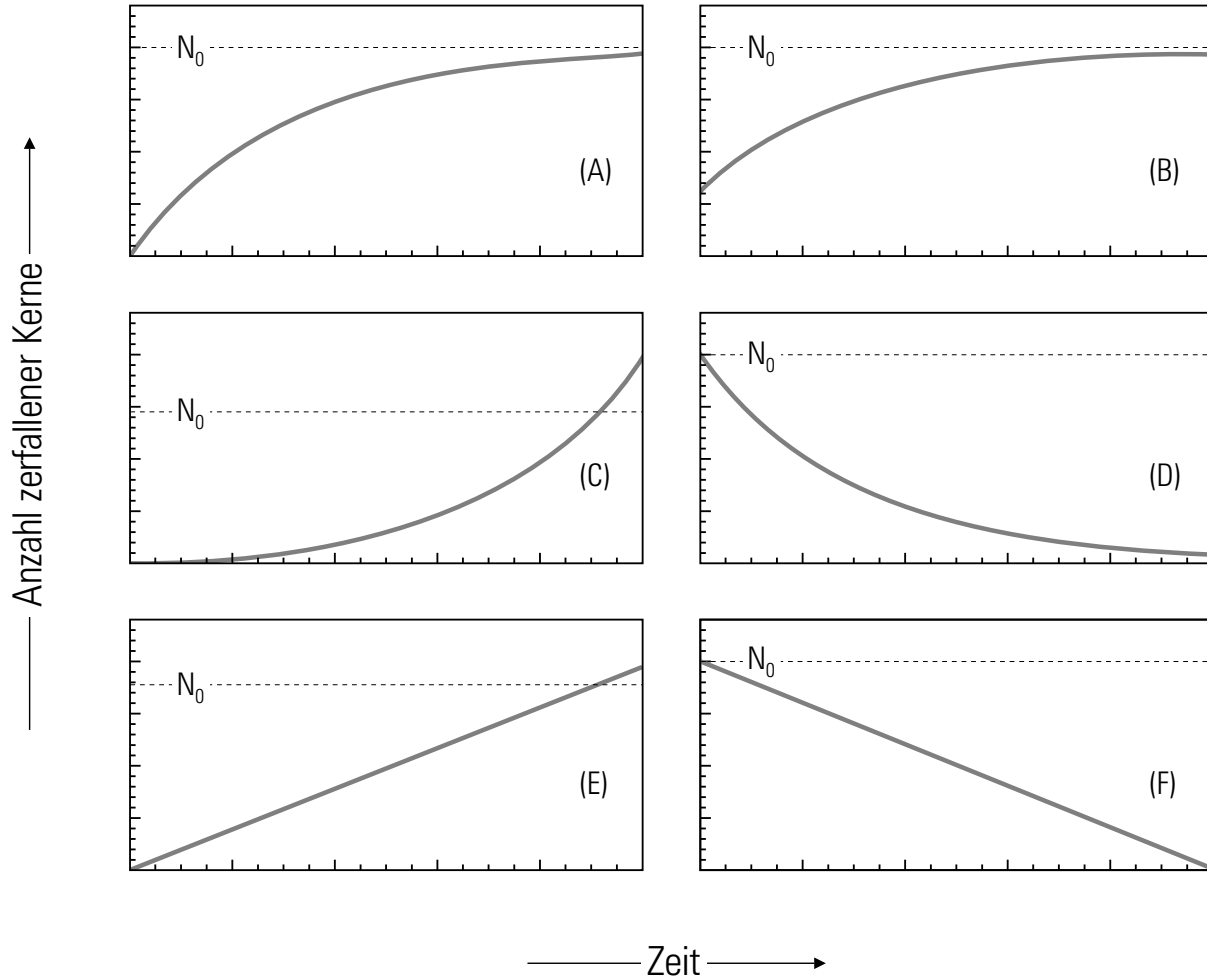


Windige Alternative

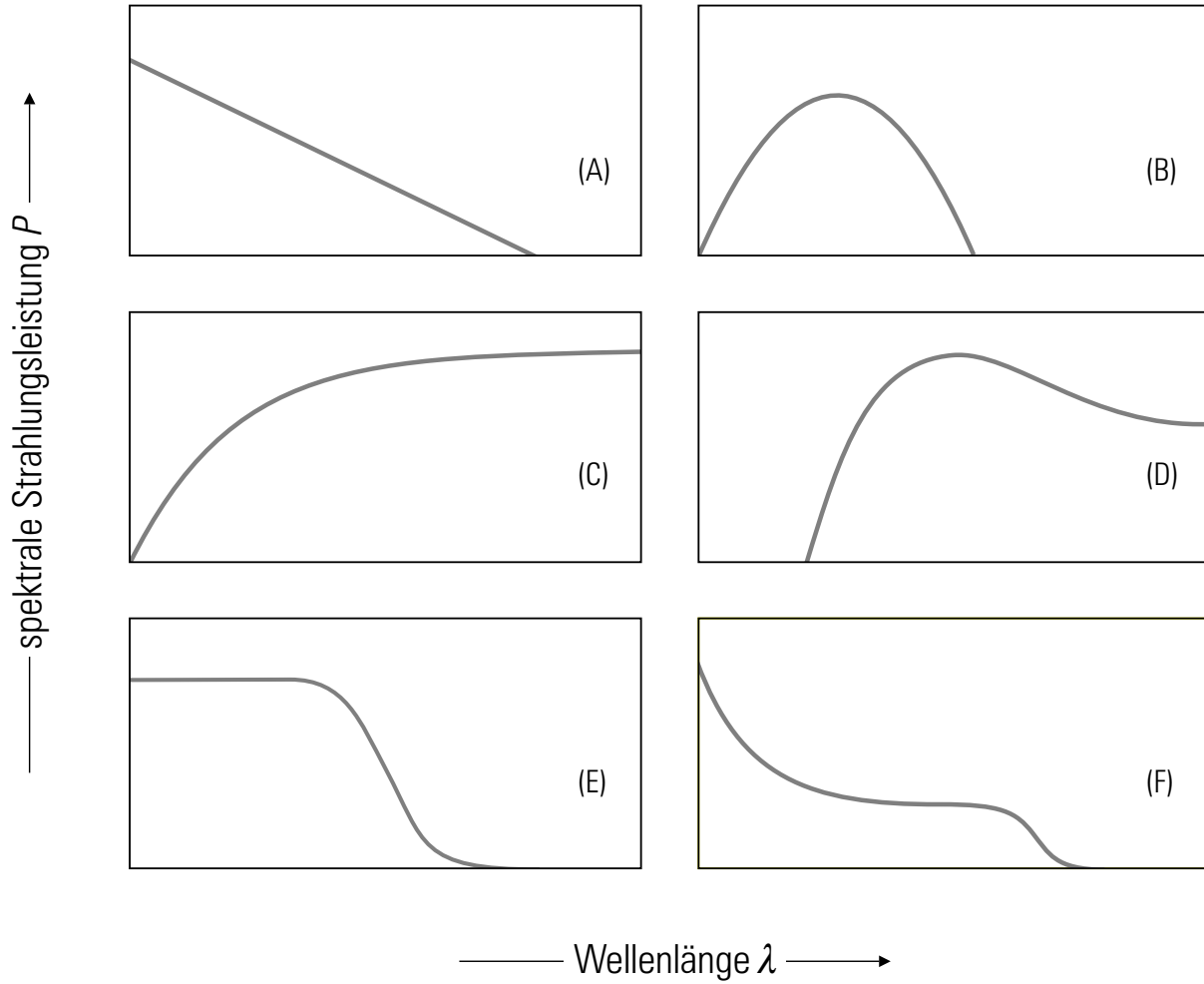
© by Luis Murchetz



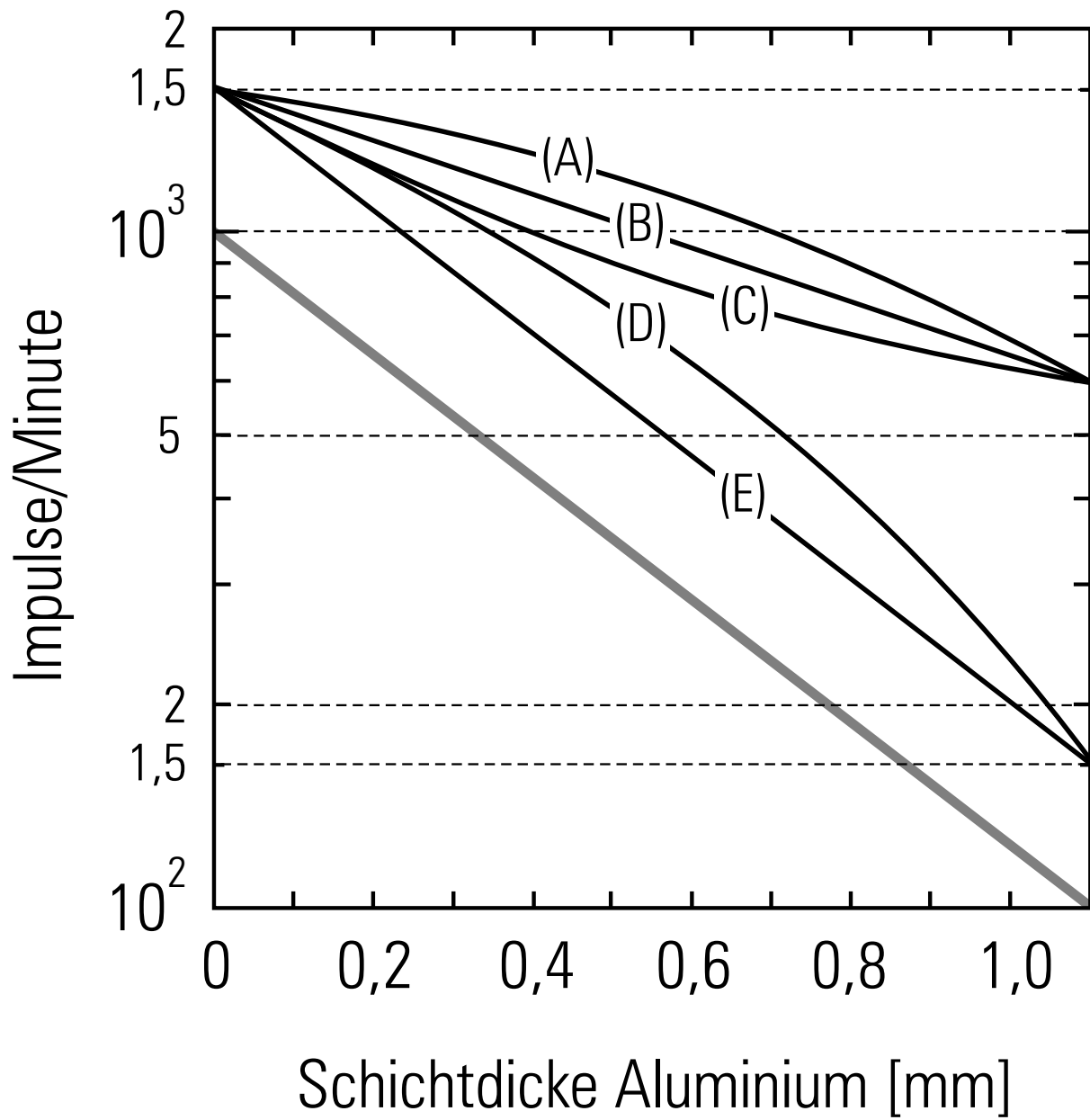
^{137}Cs -Gehalt des Menschen von 1960 bis 1995



„Möglichkeiten“ der Anzahl zerfallener Kerne M als Funktion der Zeit t



„Möglichkeiten“ für das Spektrum einer Röntgenröhre

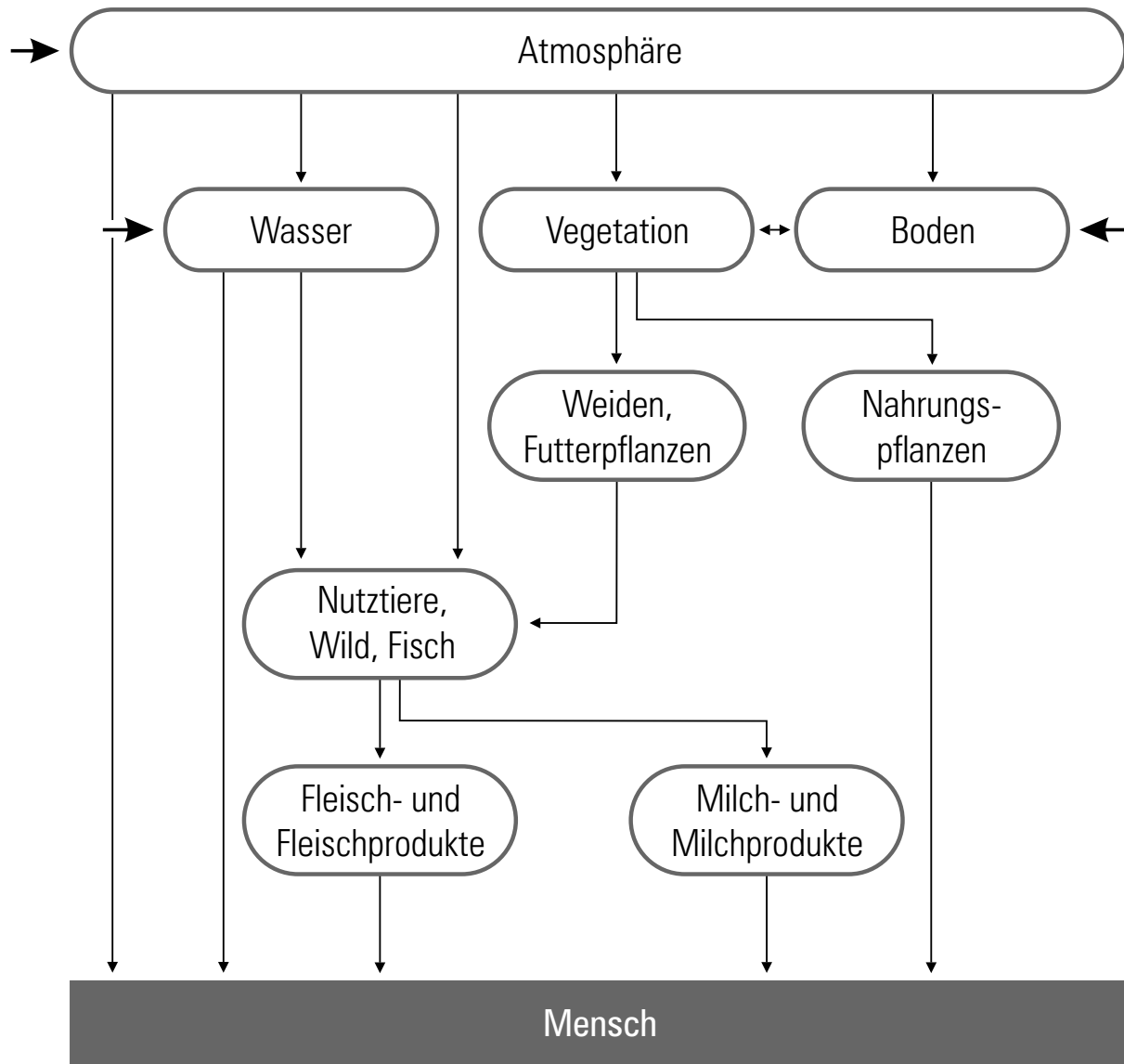


Absorption von Röntgenstrahlen durch Al auf halblogarithmischem Papier



Wir werden reich sein.
Dieses Isotop zerfällt zu Gold!

© by Claus Grupen

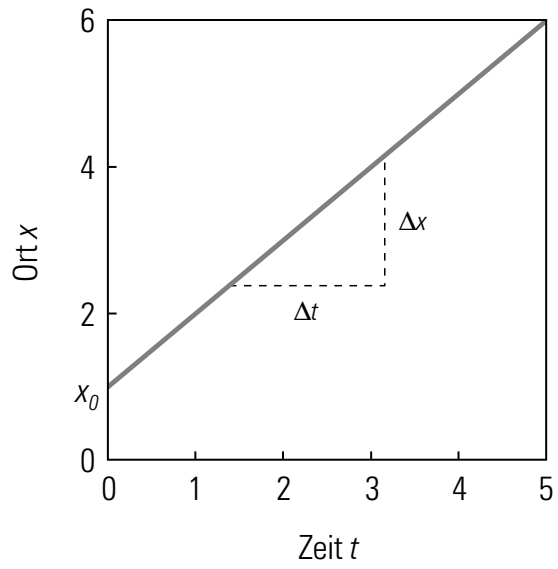


Möglichkeiten der Inkorporation radioaktiver Stoffe

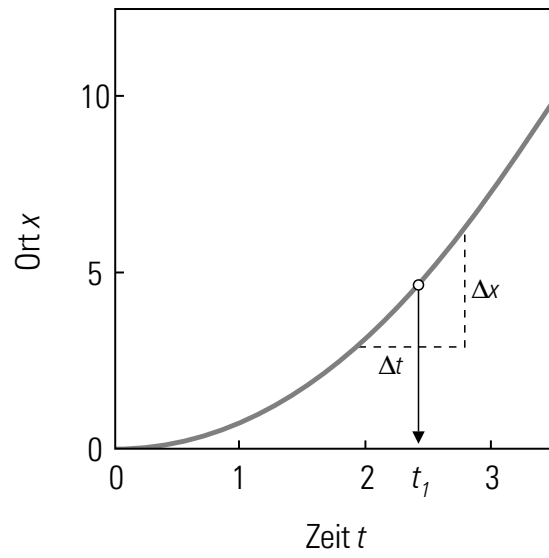


„Prof. Ziolkowski hat schon wieder ein neues Radioisotop entdeckt!“

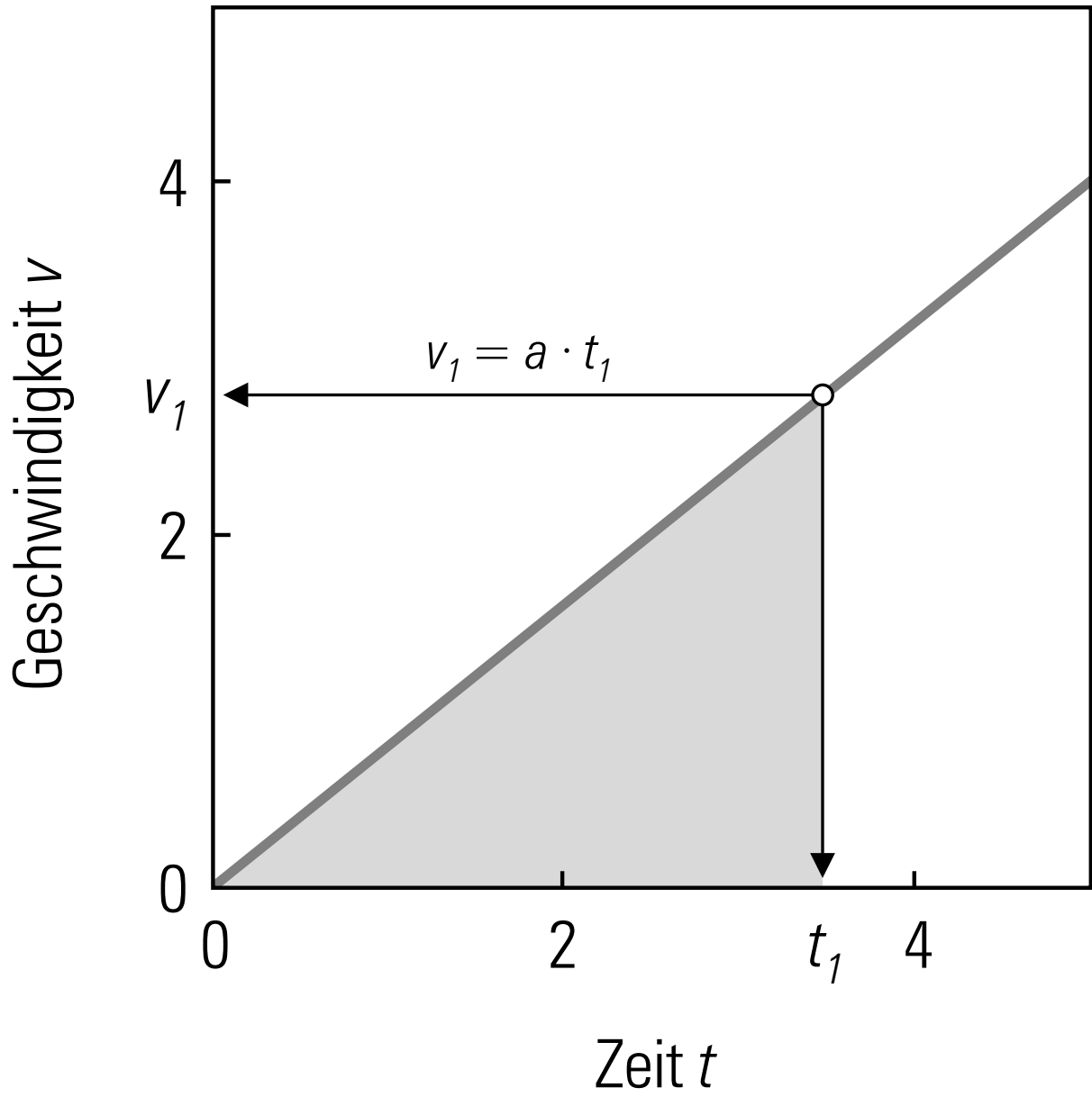
© by Claus Grupen



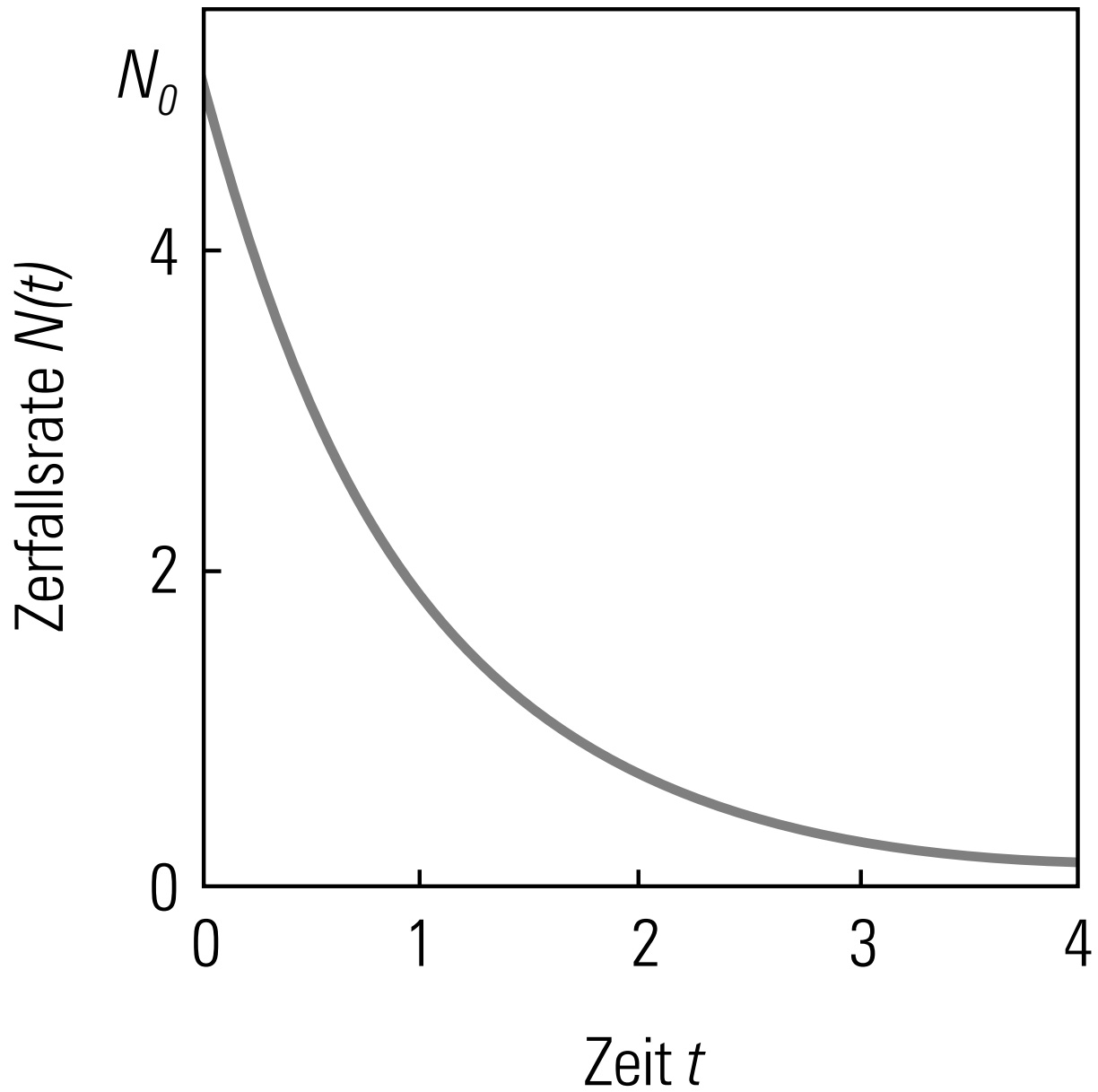
Darstellung des Ortes in Abhängigkeit von der Zeit



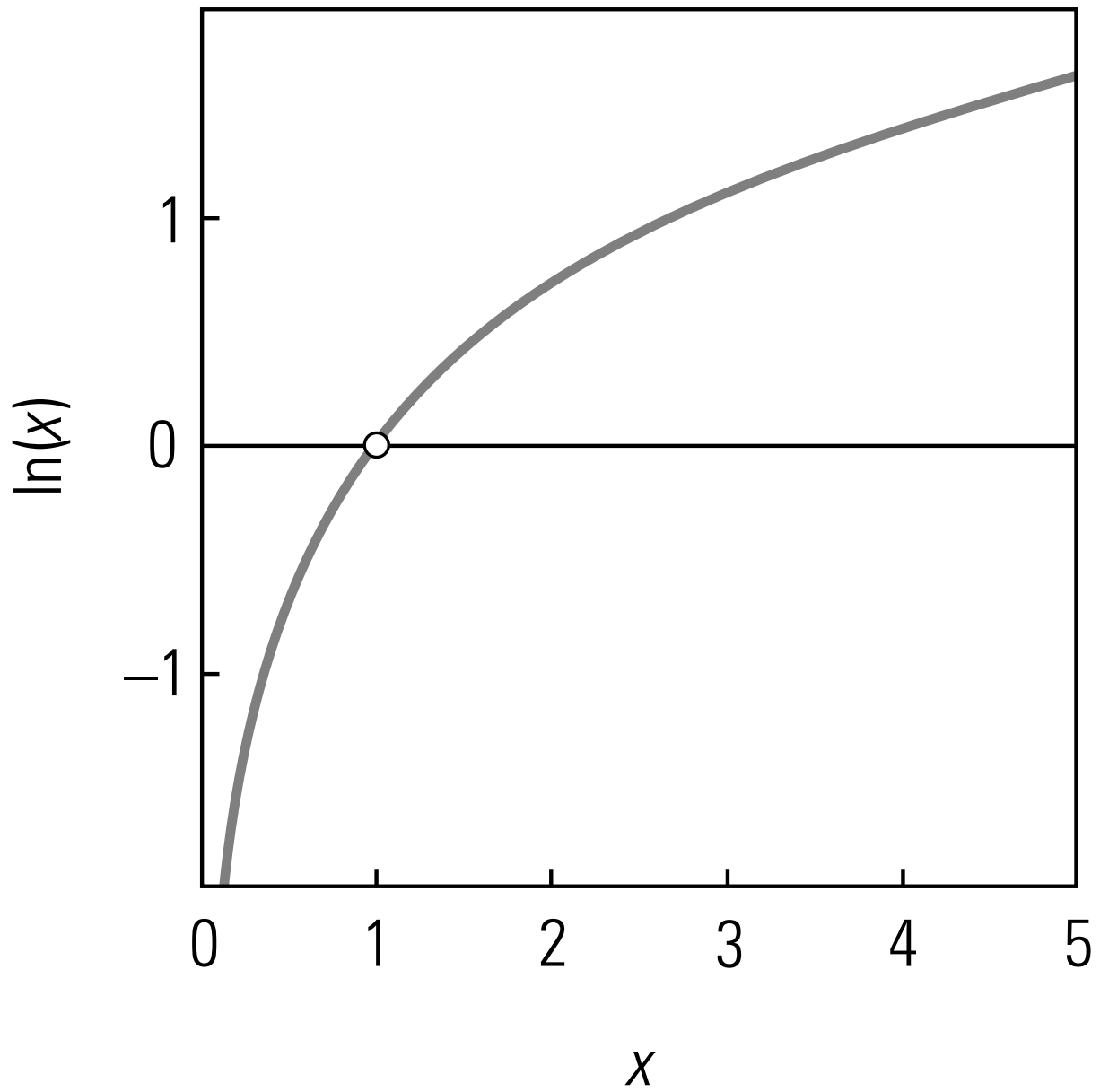
Beispiel für eine nicht lineare Beziehung zwischen Ort und Zeit



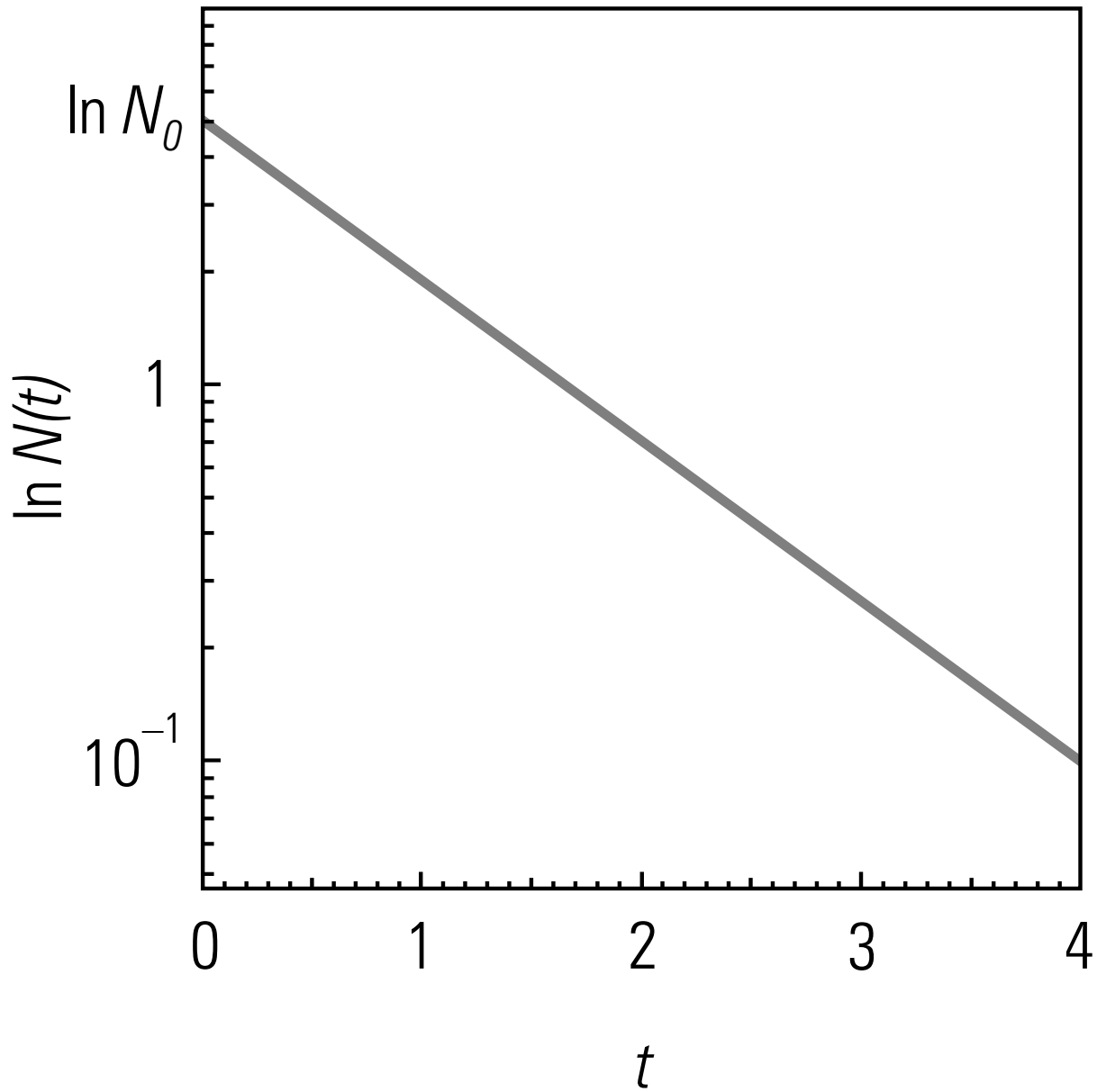
Beispiel einer linearen Geschwindigkeits-Zeit-Beziehung



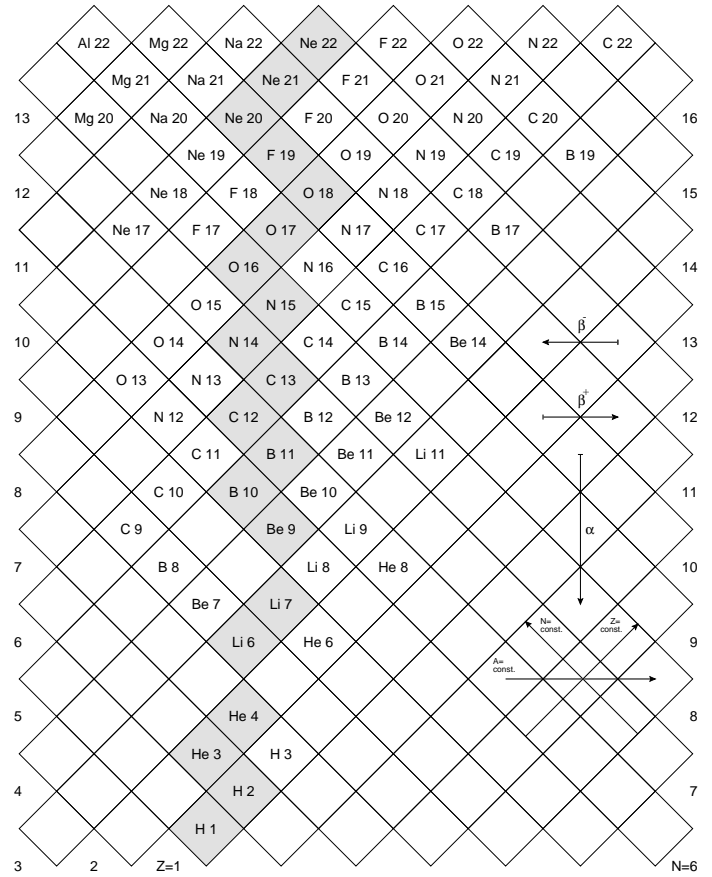
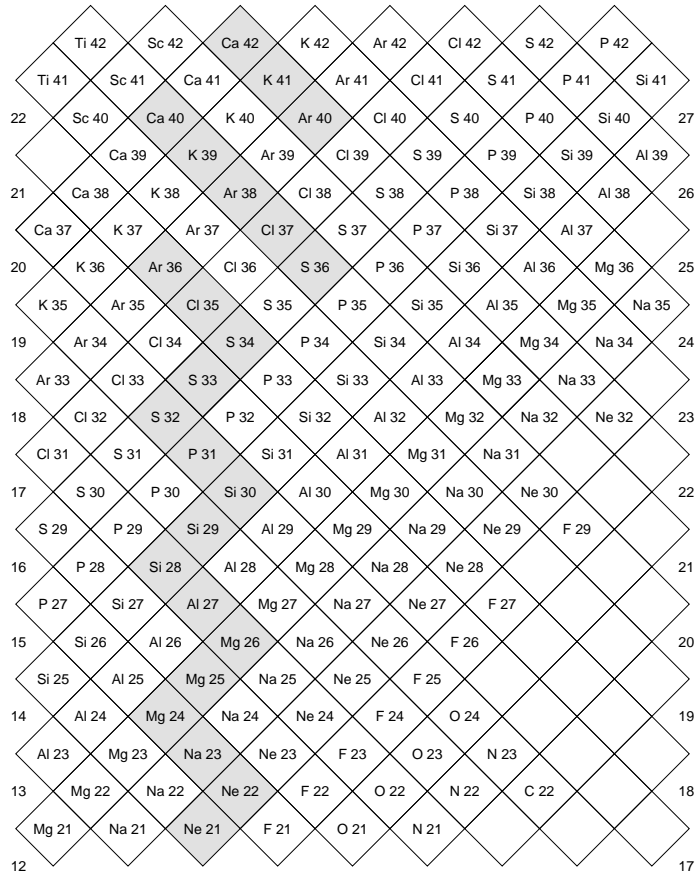
Beispiel für die exponentielle Variation einer Größe mit der Zeit



Darstellung der logarithmischen Variation einer Größe x ist.



Linearisierung einer Exponentialfunktion durch eine halblogarithmische Darstellung



	Fr 202	Rn 202	At 202	Po 202	Bi 202	Pb 202	Tl 202	Hg 202	Au 202	
87	Rn 201	At 201	Po 201	Bi 201	Pb 201	Tl 201	Hg 201	Au 201		123
	Rn 200	At 200	Po 200	Bi 200	Pb 200	Tl 200	Hg 200	Au 200	Pt 200	
86	At 199	Po 199	Bi 199	Pb 199	Tl 199	Hg 199	Au 199	Pt 199		122
	At 198	Po 198	Bi 198	Pb 198	Tl 198	Hg 198	Au 198	Pt 198	Ir 198	
85	Po 197	Bi 197	Pb 197	Tl 197	Hg 197	Au 197	Pt 197	Ir 197		121
	Po 196	Bi 196	Pb 196	Tl 196	Hg 196	Au 196	Pt 196	Ir 196	Os 196	
84	Bi 195	Pb 195	Tl 195	Hg 195	Au 195	Pt 195	Ir 195	Os 195		120
	Bi 194	Pb 194	Tl 194	Hg 194	Au 194	Pt 194	Ir 194	Os 194		
83	Pb 193	Tl 193	Hg 193	Au 193	Pt 193	Ir 193	Os 193			119
	Pb 192	Tl 192	Hg 192	Au 192	Pt 192	Ir 192	Os 192	Re 192		
82	Tl 191	Hg 191	Au 191	Pt 191	Ir 191	Os 191	Re 191			118
	Tl 190	Hg 190	Au 190	Pt 190	Ir 190	Os 190	Re 190	W 190		
81	Hg 189	Au 189	Pt 189	Ir 189	Os 189	Re 189	W 189			117
	Hg 188	Au 188	Pt 188	Ir 188	Os 188	Re 188	W 188			
80	Au 187	Pt 187	Ir 187	Os 187	Re 187	W 187				116
	Au 186	Pt 186	Ir 186	Os 186	Re 186	W 186	Ta 186			
79	Pt 185	Ir 185	Os 185	Re 185	W 185	Ta 185	Hf 185			115
	Pt 184	Ir 184	Os 184	Re 184	W 184	Ta 184	Hf 184	Lu 184		
78	Ir 183	Os 183	Re 183	W 183	Ta 183	Hf 183	Lu 183			114
	Ir 182	Os 182	Re 182	W 182	Ta 182	Hf 182	Lu 182			
77	Os 181	Re 181	W 181	Ta 181	Hf 181	Lu 181				113

76

112

	Hg 182	Au 182	Pt 182	Ir 182	Os 182	Re 182	W 182	Ta 182	Hf 182	
80	Au 181	Pt 181	Ir 181	Os 181	Re 181	W 181	Ta 181	Hf 181		110
	Au 180	Pt 180	Ir 180	Os 180	Re 180	W 180	Ta 180	Hf 180	Lu 180	
79	Pt 179	Ir 179	Os 179	Re 179	W 179	Ta 179	Hf 179	Lu 179		109
	Pt 178	Ir 178	Os 178	Re 178	W 178	Ta 178	Hf 178	Lu 178	Yb 178	
78	Ir 177	Os 177	Re 177	W 177	Ta 177	Hf 177	Lu 177	Yb 177		108
	Ir 176	Os 176	Re 176	W 176	Ta 176	Hf 176	Lu 176	Yb 176	Tm 176	
77	Os 175	Re 175	W 175	Ta 175	Hf 175	Lu 175	Yb 175	Tm 175		107
	Os 174	Re 174	W 174	Ta 174	Hf 174	Lu 174	Yb 174	Tm 174	Er 174	
76	Re 173	W 173	Ta 173	Hf 173	Lu 173	Yb 173	Tm 173	Er 173		106
	Re 172	W 172	Ta 172	Hf 172	Lu 172	Yb 172	Tm 172	Er 172	Ho 172	
75	W 171	Ta 171	Hf 171	Lu 171	Yb 171	Tm 171	Er 171	Ho 171		105
	W 170	Ta 170	Hf 170	Lu 170	Yb 170	Tm 170	Er 170	Ho 170		
74	Ta 169	Hf 169	Lu 169	Yb 169	Tm 169	Er 169	Ho 169	Dy 169		104
	Ta 168	Hf 168	Lu 168	Yb 168	Tm 168	Er 168	Ho 168	Dy 168		
73	Hf 167	Lu 167	Yb 167	Tm 167	Er 167	Ho 167	Dy 167			103
	Hf 166	Lu 166	Yb 166	Tm 166	Er 166	Ho 166	Dy 166			
72	Lu 165	Yb 165	Tm 165	Er 165	Ho 165	Dy 165	Tb 165			102
	Lu 164	Yb 164	Tm 164	Er 164	Ho 164	Dy 164	Tb 164	Gd 164		
71	Yb 163	Tm 163	Er 163	Ho 163	Dy 163	Tb 163	Gd 163			101
	Yb 162	Tm 162	Er 162	Ho 162	Dy 162	Tb 162	Gd 162	Eu 162		
70	Tm 161	Er 161	Ho 161	Dy 161	Tb 161	Gd 161	Eu 161			100

69

99

		Fm 242	Es 242	Cf 242	Bk 242	Cm 242	Am 242	Pu 242	Np 242																	
101			Es 241	Cf 241		Cm 241	Am 241	Pu 241	Np 241	149																
			Cf 240	Bk 240	Cm 240	Am 240	Pu 240	Np 240	U 240																	
100				Cf 239		Cm 239	Am 239	Pu 239	Np 239	U 239	148															
				Cf 238	Bk 238	Cm 238	Am 238	Pu 238	Np 238	U 238	Pa 238															
99					Cf 237			Am 237	Pu 237	Np 237	U 237	Pa 237	147													
								Am 236	Pu 236	Np 236	U 236	Pa 236	Th 236													
98									Pu 235	Np 235	U 235	Pa 235	Th 235	146												
									Am 234	Pu 234	Np 234	U 234	Pa 234	Th 234	Ac 234											
97										Pu 233	Np 233	U 233	Pa 233	Th 233	Ac 233	145										
									Am 232	Pu 232	Np 232	U 232	Pa 232	Th 232	Ac 232	Ra 232										
96											Np 231	U 231	Pa 231	Th 231	Ac 231	Ra 231	144									
											Pu 230	Np 230	U 230	Pa 230	Th 230	Ac 230	Ra 230	Fr 230								
95												Pu 229	Np 229	U 229	Pa 229	Th 229	Ac 229	Ra 229	Fr 229	143						
													Pu 228	Np 228	U 228	Pa 228	Th 228	Ac 228	Ra 228	Fr 228	Rn 228					
94														Np 227	U 227	Pa 227	Th 227	Ac 227	Ra 227	Fr 227	Rn 227	142				
															Np 226	U 226	Pa 226	Th 226	Ac 226	Ra 226	Fr 226	Rn 226				
93																U 225	Pa 225	Th 225	Ac 225	Ra 225	Fr 225	Rn 225	141			
																	U 224	Pa 224	Th 224	Ac 224	Ra 224	Fr 224	Rn 224			
92																		Pa 223	Th 223	Ac 223	Ra 223	Fr 223	Rn 223	At 223	140	
																			Pa 222	Th 222	Ac 222	Ra 222	Fr 222	Rn 222	At 222	
91																				Th 221	Ac 221	Ra 221	Fr 221	Rn 221	At 221	139

90

138

								U 222	Pa 222	Th 222	Ac 222	Ra 222	Fr 222	Rn 222																							
94										Pa 221	Th 221	Ac 221	Ra 221	Fr 221	Rn 221	136																					
											Pa 220	Th 220	Ac 220	Ra 220	Fr 220	Rn 220	At 220																				
93												U 219	Pa 219	Th 219	Ac 219	Ra 219	Fr 219	Rn 219	At 219	135																	
													U 218	Pa 218	Th 218	Ac 218	Ra 218	Fr 218	Rn 218	At 218	Po 218																
92														Pa 217	Th 217	Ac 217	Ra 217	Fr 217	Rn 217	At 217	Po 217	134															
															Pa 216	Th 216	Ac 216	Ra 216	Fr 216	Rn 216	At 216	Po 216	Bi 216														
91																Th 215	Ac 215	Ra 215	Fr 215	Rn 215	At 215	Po 215	Bi 215	133													
																	Th 214	Ac 214	Ra 214	Fr 214	Rn 214	At 214	Po 214	Bi 214	Pb 214												
90																		Ac 213	Ra 213	Fr 213	Rn 213	At 213	Po 213	Bi 213	Pb 213	132											
																			Ac 212	Ra 212	Fr 212	Rn 212	At 212	Po 212	Bi 212	Pb 212											
89																				Ra 211	Fr 211	Rn 211	At 211	Po 211	Bi 211	Pb 211	131										
																					Ra 210	Fr 210	Rn 210	At 210	Po 210	Bi 210	Pb 210	Tl 210									
88																						Fr 209	Rn 209	At 209	Po 209	Bi 209	Pb 209	Tl 209	130								
																							Fr 208	Rn 208	At 208	Po 208	Bi 208	Pb 208	Tl 208	Hg 208							
87																								Rn 207	At 207	Po 207	Bi 207	Pb 207	Tl 207	Hg 207	129						
																									Rn 206	At 206	Po 206	Bi 206	Pb 206	Tl 206	Hg 206						
86																										At 205	Po 205	Bi 205	Pb 205	Tl 205	Hg 205	Au 205	128				
																											At 204	Po 204	Bi 204	Pb 204	Tl 204	Hg 204	Au 204				
85																												Po 203	Bi 203	Pb 203	Tl 203	Hg 203	Au 203	127			
																													Po 202	Bi 202	Pb 202	Tl 202	Hg 202	Au 202	Pt 202		
84																															Bi 201	Pb 201	Tl 201	Hg 201	Au 201	Pt 201	126

83

125

